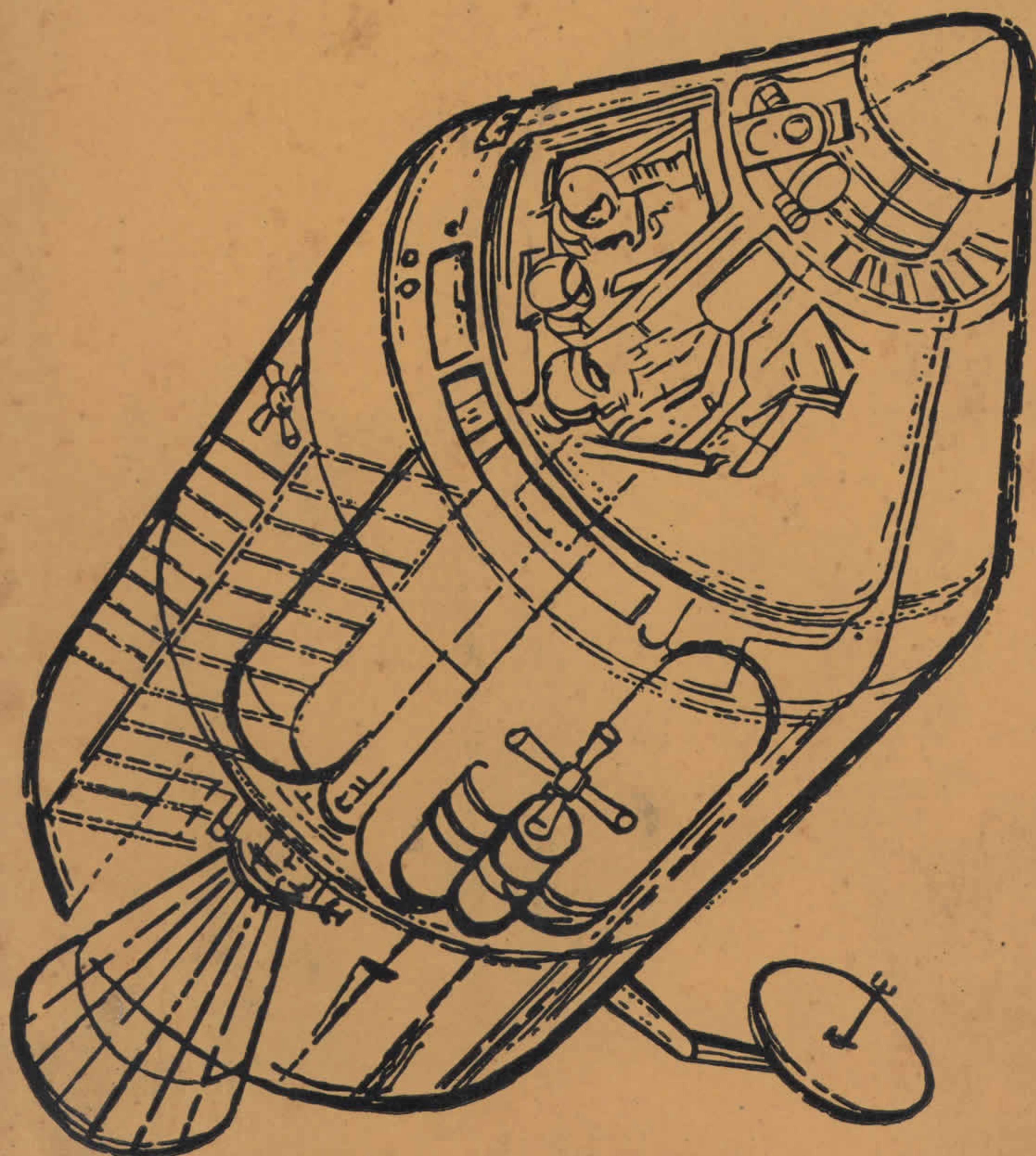


TOM ALEXANDER

HOMEM A LUA

A HISTÓRIA DO PROJETO APOLO



CULTRIX

HOMEM À LUA

A HISTÓRIA DO PROJETO APOLO

Tom Alexander

Este livro é a história do projeto lunar norte-americano, desde os seus estágios básicos de desenvolvimento até a construção da maquinaria definitiva. A par disso, constitui-se numa visão leiga da vasta problemática de tecnologia e ciência espacial envolvida nos vários aspectos do Projeto Apolo — as razões subjacentes às decisões fundamentais, a natureza da mecânica e da navegação celestes, o conhecimento disponível acêrca das condições do espaço e da superfície da Lua — e numa descrição da espaçonave lunar e de seus propulsores a jato.

O autor de *HOMEM À LUA*, Tom Alexander, na qualidade de repórter científico da revista *Life*, teve oportunidade de acompanhar de perto as várias fases do Projeto Apolo, desde seu início. Para a coleta do material que reuniu neste livro fascinante, viajou mais de 50 000 quilômetros. Tais andanças incluíram uma viagem ao México para observar a investigação geológica de vulcões, investigação que visava ao levantamento de dados úteis aos futuros exploradores lunares.

Além dos aspectos técnicos da construção e funcionamento da espaçonave lunar do Apolo, Tom Alexander discute também, sempre em linguagem acessível ao leitor comum, os aspectos humanos do Projeto: de como os astronautas terão de se haver com os perigos da radiação, dos meteoritos, dos efeitos fisiológicos, ainda desconhecidos, da imponderabilidade, e na natureza hostil da própria Lua com seus extremos formidáveis de calor e frio, sua ausência de atmosfera, a possível camada de poeira cósmica que lhe reveste o solo e que poderá engolir a aeronave que sobre ela tente pousar.

As novas fronteiras do espaço, abertas pelo Projeto Apolo, prometem tornar-se as mais permanentes, perigosas e desafiadoras fronteiras de todos os tempos. Este livro é uma exposição admirável do que elas significam.

HOMEM À LUA

O PROJETO APOLO

TOM ALEXANDER

HOMEM À LUA

O PROJETO APOLO

Ilustrações de
TOM TURNER

Tradução de
OSWALDO ZIRONDI

Rev. por
JOSÉ PAULO PAES



EDITORA CULTRIX
SÃO PAULO

Título do original:

PROJECT APOLLO — MAN TO THE MOON

Copyright 1964 by Thomas W. Alexander, Jr.

A JANE

MCMLXVI

Direitos Reservados

EDITORA CULTRIX LTDA.

Rua Conselheiro Furtado, 520, S. Paulo

Impresso nos Estados Unidos do Brasil
Printed in the United States of Brazil

ÍNDICE

	PÁG.
PREFÁCIO DO AUTOR	9
I "O Nôvo Oceano"	11
II A Construção	20
III Os Engenheiros	32
IV A Nave	53
V O Besouro	59
VI Os Grandes Foguetes	80
VII Os Navegadores	101
VIII Os Homens	111
IX Em Órbita e Fora Dela	127
X Reconhecimento	141
XI Saída de Órbita	147
XII O Pôrto Hostil	155
XIII O Retôrno	171
XIV Chegada	178
XV Gêmini	185
XVI Uma Lua Soviética?	194
XVII A Confiança Cresce	214
ÍNDICE ANALÍTICO	233

PREFÁCIO DO AUTOR

TENTAR publicar um livro sôbre assunto como o do Projeto Apolo parece-se um pouco à ação de fechar a porta de uma geladeira ao mesmo tempo que se tenta ver o que acontece à pequena lâmpada interna. Lembra, também, um cachorrinho perseguindo a própria cauda. É algo inconcludente. A pessoa completa um manuscrito, em seguida faz uma ligeira verificação e, num átimo, colige um arquivo inteiro de novas e indispensáveis informações. Não obstante, alimenta constantemente a ilusão de que, por fim, agora, disse a última palavra. Isso é tolice, naturalmente, pois que não há última palavra ou, pelo menos, não haverá até que o Projeto Apolo de uma vez por tôdas, se tenha realizado, esteja concluído e seja História. Mas êste não é um livro de História. Entra em cena num momento em que foram tomadas decisões essenciais para o programa; em que a maquinaria para exploração já está em construção; em que, todavia, o desfecho desta maravilhosa aventura está ainda bem distante.

Comecei pesquisar o assunto na primavera de 1961, como membro do departamento de Ciência da revista *Life*. Reexaminando o assunto agora, pouco encontro no programa — planos de missões, desenho de componentes, ou até mesmo luzes de guia — que sejam os mesmos daqueles primeiros meses. Com o decorrer do tempo, entretanto, as mudanças tornaram-se progressivamente menos traumáticas. Teria de ser assim, pois o Apolo também tem prazos-limites a cumprir.

Tentei evitar, na maior parte dêste livro, conjecturas, sendo exceções óbvias os parágrafos em itálico, no tôpo de diversos capítulos, e partes do capítulo sôbre os planos espaciais russos. Êstes são quase que pura suposição. A especulação entretanto, sobeja no livro, pois o Apolo é um empreendimento especula-

tivo. O livro todo foi lido e anotado por representantes técnicos do Centro Nacional de Espaçonaves Tripuladas e de Administração da Aeronáutica e do Espaço, em Houston, no Texas; pelos cientistas da NASA, em Washington; pelos membros do Conselho Nacional do Espaço; e por eminentes engenheiros e cientistas dos principais empreiteiros do programa. Devo, entretanto, salientar que trechos do livro — especialmente aqueles que tratam das atividades russas e de alguns aspectos históricos do próprio projeto — são de minha responsabilidade.

Gostaria de apresentar os mais calorosos agradecimentos possíveis àqueles que leram o manuscrito. Gostaria também de agradecer ao grande número de pessoas da indústria espacial e do governo que me receberam e me informaram a respeito deste seu incrível empreendimento.

TOM ALEXANDER

Fevereiro de 1964.

CAPÍTULO I

“O NÔVO OCEANO”

“**Ê**STE é um nôvo oceano”, disse o Presidente Kennedy, “e penso que os Estados Unidos devem navegá-lo.”

Dessarte, ali estava êle, entre tôdas as considerações, reconsiderações e tentativas desordenadas de ser-se racional num debate legislativo. O espaço era o nôvo mar e estava atraindo, exatamente como os mares atraíram tôdas as raças grandes e vigorosas. A despeito de tôda a argumentação que pôde ser reunida, durante a primavera de 1961, pró e contra um vasto esforço nacional para colocar homens na Lua, foi a atração ilógica do mar que pareceu falar a melhor lógica. Ou talvez assim fôsse porque se estava em plena primavera.

O Projeto Apollo será a nossa primeira viagem real ao espaço, seguindo-se às excursões experimentais do Projeto Mercúrio ao redor da Terra. Tem por objetivo supremo o desembarque de americanos na Lua, antes do fim da década — ou mesmo antes, se dinheiro, homens e a mãe Natureza o permitirem. O projeto deverá expandir-se em fases de dificuldade crescente. A começar de 1966, uma espaçonave Apollo levando três homens irá realizar órbitas simples ao redor da Terra e ensaiar certas fases da missão lunar. A seguir, aproximadamente em 1966 ou 1967, uma nave semelhante deverá fazer uma volta simples ao redor da Lua e regressar de imediato à Terra; a isto se seguirão, em 1968, órbitas ao redor da Lua; e finalmente, se tudo fôr bem, entre 1969 e 1970 os astronautas farão descidas, de uma espaçonave em órbita, à superfície lunar. Será o mais dispendioso itinerário jamais tentado, custando cêrca de vinte bilhões de dólares, e um grande quinhão da melhor reserva intelectual da nação americana, sendo outrossim uma missão de considerável risco físico.

Na sua origem, o Projeto Apolo é um empreendimento singular, que algumas vezes se orientou para objetivos confusos. Durante os últimos anos da administração de Eisenhower, e nos primeiros dias da de Kennedy, houve cavilações intermitentes na Administração Nacional de Espaço e Aeronáutica e entre os consultores de Ciência do presidente. Os escárnios sobre os “brinquedos” russos haviam terminado de há muito, pois tais “brinquedos” tinham frias implicações políticas. Mas o ostentado furor, a ciência suspeita, e os extraordinários gastos do homem no espaço mantinham em frustração os líderes dos Estados Unidos. O programa de homem-no-espaço, do Mercúrio, tinha sido finalmente impôsto à recém-fundada NASA, por um público agitado e uma administração nervosa. Porém, muitos dos antigos cientistas administradores da NASA não tinham gostado do Mercúrio. A administração deles era amiúde confusa.

Embora seus empregos existissem por causa dos Sputniks da Rússia, os consultores científicos de Eisenhower, James Killian e seu sucessor George Kistiakowsky, exortaram seu chefe a negar a existência de uma corrida espacial com a Rússia. Homens responsáveis e dedicados que eram, e cientistas de mérito, haviam sido solicitados para dar conselhos sobre assuntos científicos e deram-nos. Reconheceram que voar ao espaço parecia criar prestígio; mas, todo dia, o trabalho deles era ouvir colegas de Física e Química, homens que viam numa corrida espacial tripulada somente exibição aparatosa e irresponsável — um desperdício de dinheiro, talento e proeminência que podiam ser melhor aplicados à pesquisa científica básica. “Deixaremos de ser uma grande nação se sacrificarmos outros campos da Ciência a um frenético e desastroso programa espacial”, disse Kistiakowsky, finalmente. Acrescentou acreditar que a excitação acerca do espaço arrefeceria em breve. James Killian julgava que o prestígio era, em verdade, um subproduto da exploração espacial, mas que cumpria ser cauteloso na maneira de recolher tal prestígio. “Não deveríamos usar mal nossa ciência e nossa tecnologia, deturpando-as para fins de propaganda. Ganharemos prestígio sendo melhores em mais campos.” Ele deplorava, sobretudo, entrar numa corrida cujas regras e metas básicas eram escolhidas pelo adversário. Muito tempo depois de ter deixado seu posto de consultor da Casa Branca, Killian continuava a advertir que uma corrida à Lua resultaria em engenharia apressada e utilização ineficiente de talento, capacidade industrial e recursos financeiros; que saturar certas áreas da economia com tantos milhões produziria efeitos drásticos; que programas de estardalhaço poderiam reduzir a confiança na tecnologia norte-americana e ter consequên-

cias econômicas adversas; e, especialmente, que a reserva de potencial humano técnico da nação se esgotaria perigosamente.

A opinião do próprio Eisenhower era de que uma corrida espacial de qualquer tipo era provavelmente degradante, especialmente quando a América do Norte a começava perdendo; que, se ela entrasse em tal corrida a todo vapor, poderia ocorrer que a Rússia se retirasse definitivamente da disputa e ela se visse na posição ridícula de arremeter por uma porta aberta que leva a metas duvidosas. Atormentado, por exemplo, por relatórios secretos da Agência de Informações dos Estados Unidos revelados ao *New York Times* durante o auge da campanha de 1960, indicando que o prestígio norte-americano ficara seriamente afetado devido aos Sputniks, Eisenhower queixava-se de que não podia absolutamente compreender por que estavam todos tão agitados com o tal negócio espacial. Em sua última mensagem ao Congresso, em janeiro de 1961, manifestou-se contrário ao prolongamento do voo espacial tripulado além do Projeto Mercúrio, a menos que “experiências e provas posteriores” revelassem alguma boa razão para fazê-lo.

Embora Kennedy, durante sua campanha, tivesse criticado o moroso programa espacial norte-americano, ele próprio não sabia ao certo que fazer em relação ao espaço. No início de seu governo, para desespero dos figurões espaciais de Washington, disse ele que a dessalinização da água do mar era, de certo modo, o mais importante programa tecnológico que o país poderia realizar.

No interregno, antes de Kennedy ser empossado, seu consultor científico, o físico Dr. Jerome Wiesner, chefiou uma comissão especial que estudou cuidadosamente o programa espacial e recomendou que o voo espacial tripulado fosse subordinado a outros esforços espaciais.

Uma consulta Gallup, realizada ao tempo em que o programa lunar estava sendo proposto, revelou que o povo norte-americano não estava muito entusiasmado com a idéia, tampouco. O resultado mostrou que 58% era contra uma corrida à Lua, que iria custar quarenta bilhões de dólares, e 33% a favor. A quantia era, provavelmente, um exagero daquilo que uma expedição à Lua iria custar; todavia sejam dez, vinte, ou quarenta bilhões de dólares, são sempre cifras alarmantes. Os norte-americanos desejariam pensar um pouco antes de despendar uma quantia dessas. Passados pouco meses, entretanto, outro Gallup indicou uma mudança repentina: a grande maioria estava a favor do programa lunar.

Sob quase todos os pontos de vista, a Lua parece ter pouco a recomendá-la. Suas condições de vida fariam o Pólo Norte parecer sublime; quaisquer minérios que pudesse ter, melhor seria, provavelmente, que ficassem por explorar; e as dificuldades extremas de lá chegar-se fazem disso o mais formidável projeto de engenharia que qualquer nação ou grupo de nações jamais idealizou.

É evidente que a soma de dinheiro exigida pelo programa espacial poderia ser empregada com melhores resultados aqui na Terra — em pesquisa médica, educação, ou em fornecer comida aos povos famintos.

Mas não importa o quanto membros do Congresso, cientistas, e cidadãos possam deblaterar contra a “inutilidade” de gastar tanto dinheiro para chegar à Lua, nem o número de justificativas que possuam — todos os argumentos de tal natureza são inúteis. Pois que voo eventual norte-americano é inevitável; qualquer pessoa, com o mais ligeiro conhecimento do que motiva os norte-americanos, sabe disso. É, portanto, uma questão de tempo. Além disso, não foi absolutamente justo orçar em vinte bilhões de dólares o custo do programa lunar. A maior parte do dinheiro seria gasta em planejar, desenvolver, e construir os componentes para muitas missões, prévias e subseqüentes, ao espaço profundo e aos planetas, e para a construção de instalações onde todos estes componentes seriam testados e lançados.

Na primavera de 1961, a nação teve um novo Presidente, que falou arrojadamente de uma “Nova Fronteira”, que ninguém pôde descobrir qual fôsse. A medida que o exercício, em meio do recesso, se aproximava dos meados de seu primeiro abril, o país foi, de fato, abalado até o âmago de seu amor-próprio por dois golpes. Um deles foi o primeiro voo tripulado no espaço, realizado por um pequeno cosmonauta da URSS chamado Yuri Gagarin. Uma semana depois, foi uma ocorrência muito mais aflitiva: o malôgro completo da invasão, por um grupo de exilados cubanos, do território de Cuba comunista, com inteira cumplicidade e ajuda irregular dos poderosos Estados Unidos. O efeito total foi mortificante.

É-se tentado a afirmar que o Projeto Apolo nada mais foi do que uma resposta àqueles momentos aviltantes de meados de abril. A verdade, entretanto, é que Kennedy começara a examinar seriamente as possíveis contribuições do voo espacial à sua Nova Fronteira de um mês e pouco antes. Por detrás desses exames estavam as solicitações do então Vice-Presidente Lyndon

Johnson, ex-presidente da Comissão Espacial do Senado e então chefe do Conselho Nacional da Aeronáutica e do Espaço, recentemente ativado, o qual aconselhava o Presidente. O conselho, notadamente não-científico, inclui também o Secretário de Estado, o Secretário da Defesa, o Diretor de Orçamentos, e os chefes da Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço e da Comissão de Energia Atômica. Seu secretário executivo era o Dr. Edward C. Welsh, versado em Ciências Econômicas. Johnson era apoiado nas suas solicitações em prol do programa lunar pelo chefe que escolhera para a NASA, James E. Webb, e pelo Senador Robert S. Kerr, ex-sócio comercial de Webb e sucessor de Johnson na presidência da Comissão Espacial do Senado. Estes três, por sua vez, haviam recebido estímulo de técnicos pertencentes ou não à NASA, que estavam impacientes com a vaga data de "depois de 1970", para pouso na Lua, que constava nos planos da NASA, ao tempo de Eisenhower. Aparentemente, significavam, na verdade, data muito posterior a 1970.

As duas crises de abril apressaram o mui alardeado vigor de Kennedy. Numa reunião imediatamente posterior ao fiasco cubano, ele pediu aos membros do Conselho Espacial que ultimassem os detalhes para qualquer dramático êxito espacial no qual a América do Norte pudesse vencer os soviéticos.

Arraigada como estava no exibicionismo, a corrida à Lua, entretanto, fazia-se notar pela simples variedade de justificações racionais em seu favor. Um grande e influente grupo de cientistas, inclusive a Junta de Ciências Espaciais da Academia Nacional de Ciências, considerava que, do ponto de vista científico, uma alunissagem tripulada representava um projeto valioso. A junta sustentava que o Homem, conquanto limitado, é um bom instrumento científico: está provido de excelentes sensores óticos que contêm cerca de 450 000 elementos resolutivos por centímetro quadrado; é móvel; possui aparelhos de reconhecimento de configurações e de tomada de decisões, é grandemente autoprogredor e generaliza bem com dados limitados. Embora, em base de curto prazo, os instrumentos automáticos pudessem ser capazes de propiciar mais informações pela mesma soma de dinheiro gasto, parecia que o Homem seria eventualmente necessário para, de qualquer maneira, realizar a tarefa corretamente.

Alguns engenheiros da NASA, especialmente do Centro de Pesquisas de Langley, apoiavam o programa tripulado porque acreditavam que a presença do Homem aumentaria a fidedignidade de qualquer espaçonave e poderia ajudar a garantir o seu regresso.

O principal argumento apresentado no Congresso foi o da segurança nacional, criando pelo menos um certo nervosismo quanto ao que poderia acontecer se os russos obtivessem lido direito ao espaço por desistência. Os medrosos argumentos de alguns homens da Fôrça Aérea, que estavam ansiosos por estender aos planêtas sua missão de serviço, não eram inteiramente convincentes, mas continham suficiente evidência plausível de uma possível complicação para inquietar muitos dos membros do Congresso. A maior parte dos oficiais do Departamento da Defesa não levou em conta tais argumentos, nem aquêles de base técnica, e admitiu que não tinha uma missão definida para o Homem no espaço, mas demonstrou interesse geral pelo vôo tripulado a longo prazo, pela manobrabilidade, pelo encontro orbital, pela capacidade de navegação e reentrada que uma missão lunar implicava.

Glória — ou *prestígio*, como viera a ser chamada — era algo também a considerar. A palavra *astropolítica* fôra inventada para descrever os efeitos extraordinários que os sucessos espaciais — notadamente os Sputniks russos — tinham tido sobre a mente popular, a glória das nações. O administrador da NASA, Webb, e outros, argumentaram que ali estava o ensejo de se ingressar resolutamente na corrida espacial com 50% de probabilidade de vencer os russos, rumo à Lua. Tal argumento sustentava que, embora os vermelhos fôssem provàvelmente vencer os norte-americanos nas primeiras etapas da corrida — colocando vários homens no espaço e ao redor da Lua — a êles certamente faltaria potência de propulsão para alunissar uma aeronave e trazê-la de volta. Dessarte, a América do Norte não apenas alcançaria a dianteira na corrida espacial, como também o faria de maneira deveras espetacular.

Para os jornalistas, naturalmente, a corrida à Lua constituía excelente assunto, ao passo que sua ausência oferecia uma probabilidade de êles ficarem indignados.

Para a indústria, significava empreitadas numa escala nunca vista.

Para alguns economistas, com a recessão ainda em curso, tratava-se de um experimento numa gargantuesca bomba de carburação. Apesar de tudo, diziam êles, o dinheiro está revertendo diretamente à economia.

Havia, além disso, a crescente probabilidade de algum tipo de contrôle de armamentos ou, pelo menos, de nivelamento de aviação militar e construção de mísseis. As enormes indústrias aeroespaciais da nação, e as economias regionais em que se

apoiavam, poderiam valer-se de um pouco para enfrentar a crise. Para alguns outros economistas e influentes pensadores da Nova Fronteira, a melhor de tôdas as razões para levar a cabo a proeza lunar era a de ela ser tão difícil. A Lua era exatamente o tipo de meta conveniente, mas difícil de ser atingida, que exigiria o máximo de diligência, inventividade e ciência. Todo êste esforço, diziam, originaria uma nova revolução industrial, uma chuva de “avanços tecnológicos” que mudaria a vida da nação (para melhor, naturalmente). Provas da espécie de chuva de que falavam já estavam à mão: a Microeletrônica surgira das tentativas de comprimir grande número de dispositivos em minúsculas cápsulas e, eventualmente, dar-nos-ia rádios que poderíamos prender aos ouvidos, ou aparelhos de televisão em forma de óculos, ou telefones portáteis; no campo da metalurgia e dos materiais, passos gigantescos foram dados à medida que os laboratórios industriais tentavam descobrir, desesperadamente, novas ligas, cerâmicas e plásticos que pudessem resistir aos extremos de tensão, temperaturas e radiação que a espaçonave iria sofrer; instrumentos científicos, comunicações e técnicas médicas progrediam aos saltos, o que não teria acontecido sob menor pressão da necessidade. Ir à Lua parecia ser uma maneira indireta e unilateral de alcançar tais maravilhas técnicas; porém, na ausência de necessidade extrema ou guerra, ela bastaria sem dúvida.

Quando confrontados com os protestos familiares de que o programa lunar parecia ser indevidamente dispendioso, e de que os milhões de dólares podiam ser melhor aplicados na educação ou para minorar a pobreza, todos os proponentes do programa concordavam de pronto em que de fato assim era. Não obstante, replicavam também, obstinadamente, que não viam probabilidades de tanto dinheiro ser aplicado para tais fins.

Todavia, bastava que, pouco depois desta ocasião, a gente andasse pelo país e conversasse com os cientistas, engenheiros, políticos e outras pessoas que iriam ser envolvidas, para descobrir qual era, provàvelmente, a motivação mais forte embora inexpressa, do projeto lunar: era a diversão, era a participação num grande acontecimento relativamente inofensivo. De modo semelhante, muitos outros norte-americanos, que estavam nêle interessados, situavam-no na mesma categoria dos acontecimentos esportivos e dos astros cinematográficos. Agora que o Homem já pisara o limiar do espaço, a participação indireta dos contribuintes era obstinada e criara hábito. Estimulando-lhes a predisposição para gastar, havia as idéias de espaçonautas al-

çando-se acima da rotina e do tédio dêste mundo e lançando-se a excitantes viagens de descobrimento — ou de combate, se fôsse o caso —, desdobrando as fronteiras da relatividade como um tapête, numa navegação audaciosa e calma. Ali estava, concluíram muitos, a oportunidade de reencontrar algumas das superiores qualidades de homens trabalhando em circunstâncias duvidosas.

Quando se engrenou o Projeto Apolo, começaram a erguer-se clamores de nações européias ridicularizando o projeto. Alguns periódicos científicos da Inglaterra, particularmente, tornaram-se quase contundentes ao criticarem o projeto como um desperdício enorme de dinheiro que pouca recompensa científica traria, embora sua preocupação com algo tão exclusivamente norte-americano continuasse, até certo ponto, misteriosa. Era difícil defender o Apolo em bases puramente científicas. Mas por outro lado, as contribuições da América do Norte à ciência pura não haviam sido jamais particularmente marcantes, a despeito de uma lista razoavelmente longa de Prêmios Nobel. Suas bombas atômicas tinham sido o produto da teoria européia, como o eram a maioria de suas outras grandes conquistas técnicas. Mas o projeto lunar exigia pouca teoria. O que exigia era engenharia em grande escala e uma porção de dispositivos de funcionamento perfeito; assim sendo, era quase que expressão de uma psique nacional.

No dia 25 de maio de 1961, Kennedy apresentou-se perante o Congresso com a sua causa em prol do esforço de alunissagem “antes do fim da década” sugerindo que o Congresso o debatesse cuidadosamente, porque “se tivermos de ir somente até a metade do caminho, ou reduzir nossas perspectivas ante a dificuldade, melhor seria que não começássemos”. Não houve virtualmente debate e o Congresso deu a Kennedy a maior parte do aditamento de 500 milhões ao orçamento da NASA, necessário para pôr em andamento o programa lunar. Em poucos meses, o Congresso aprovou, por unanimidade, uma verba de 3 800 milhões de dólares para a NASA, na maior parte destinada ao vôo espacial tripulado, à tentativa de colocar um cidadão norte-americano na Lua.

Algumas das altas personalidades do governo intimamente envolvidas admitiram que a decisão do Executivo, de mobilização em prol do esforço lunar, não fôra senão um instrumento para a reconstrução nacional. Como tal, nunca foi lamentada e há pouca controvérsia quanto à sua eficácia. Posteriormente, entretanto, como a necessidade de tal instrumento cessara, o povo e os parcimoniosos começaram a duvidar de que êle tivesse

tido qualquer utilidade. Não estando diretamente vinculado nem à segurança nacional nem ao bem-estar social, o dispendioso e gigantesco programa de alunissagem começou a ser progressivamente valorizado pelo mero lastro que pudesse acrescentar a várias manobras de ocasião, sem relações com o voo espacial. Enquanto à opinião pública acerca do bruto indefeso oscilava irresoluta, com pouca memória, os politicamente sensíveis podiam adaptar-se às oscilações ou instigá-las.

Mesmo o Presidente Kennedy surgiu como um dos mestres dessa arte. Ao tempo do início do Projeto Apolo, não havia dúvida de que ele o programara como uma corrida ostensiva com os russos. Percebendo mudanças em muitas atitudes, procurou usá-lo, mais tarde, para ajudar a firmar aquilo que poderia ser a realização principal de sua presidência — o abrandamento das tensões entre os Estados Unidos e a Rússia — através de uma dramática proposta perante a Organização das Nações Unidas, em setembro de 1963, de fazer do voo à Lua um empreendimento conjunto. A única dúvida era se o programa poderia resistir à tensão de tamanha transformação.

Evidentemente, a maioria do Congresso não queria alçar-se aos níveis da “sofisticação” que essas mudanças rápidas da política internacional exigem. Além disso, no terceiro ano do Projeto Apolo, as requisições orçamentárias da NASA haviam atingido proporções verdadeiramente estarrecedoras — 5 700 milhões de dólares. Essa criatura originada de uma necessidade nacional de amor-próprio tornou-se tema de grave irritação acerca da “Vilipendiação da Lua”, do caráter sagrado do dinheiro, e da possibilidade de os Estados Unidos correrem até a exaustão numa competição absurda contra nenhum adversário.

Malgrado a fraqueza originária do Projeto Apolo, entretanto, sentiu-se vago arrependimento ante o rumo que os fatos iam tomando. De maneira algo indefinida e deleitosa, a América do Norte esquecera-se por um momento de si mesma, naquela primavera do século XX — o bastante para aspirar a uma glória absurda de vinte bilhões de dólares.

CAPÍTULO II

A CONSTRUÇÃO

O IMPACTO do programa acelerado do Apolo não se fez sentir de imediato por toda a América do Norte. A NASA, morosa e pesada, nada mais fez durante o verão de 1961 senão esperar que o Congresso lhe desse, finalmente, o dinheiro. Estudou propostas de projetos, procurou descobrir de que espécie de organização iria necessitar para executar o programa, e quais seriam os homens que administrariam a organização. Despertou gradualmente para o desempenho do seu mandato à medida que as dificuldades incriveis de executar e administrar tamanha obra se tornavam evidentes.

A missão de pouso lunar converteu-se num foco ao redor do qual girava a maior parte do programa espacial norte-americano. Os programas de pouso lunar não tripulados do Ranger e do Surveyor, já então em andamento, foram transformados rapidamente em batedores avançados, cujos dados forneceriam informações sobre as condições do espaço médio e da Lua, para o objetivo específico de auxiliar o projeto final dos veículos tripulados. Um grande número de outros satélites de pesquisa, supersensíveis, foi esboçado nas pranchetas de desenho, a maioria deles diretamente relacionados com os riscos biológicos do espaço cislunar. Um veículo de acompanhamento, com dois homens, para a cápsula espacial do Mercúrio, denominado Projeto Gêmini, foi rapidamente ideado para servir de simulador básico e nave de pesquisa, com capacidade de permanecer no espaço longo período.

Para o Projeto Mercúrio, então em curso, fôra arregimentado, nos Laboratórios de Pesquisa Langley, um grupo chamado

Grupo-Tarefa do Espaço. Foram êstes os laboratórios pioneiros responsáveis pelos progressos aviatórios da antiga Comissão Consultiva Nacional da Aeronáutica e que agora aplicavam seus talentos ao vôo espacial. Ao Grupo-Tarefa do Espaço sòzinho incumbira executar e administrar o programa Mercúrio, bem como cuidar da seleção e treinamento dos astronautas.

Todavia, o projeto de pouso lunar seria um problema de ordem bem superior ao de simplesmente colocar um homem em órbita. Só os foguetes propulsores iriam custar dez vêzes mais do que todo o programa Mercúrio. A pesquisa e a fabricação dos componentes teria de ser distribuída de um extremo a outro do país. Por tais razões, e porque era de esperar-se muito e continuado interêsse do govêrno num programa de gastos tão monumentais, a direção central do programa teria de localizar-se em Washington. Mas isso implicava no estabelecimento, em Washington, de um nível de competência técnica e administrativa bem mais elevado do que lá jamais existira, sem que, ao mesmo tempo, se privassem os centros mais vastos da NASA de seus talentos, trabalhosamente arregimentados e escrupulosamente guardados. Significava, também, que a NASA teria de evoluir e superar de muito seu caráter de antiga NACA, de tórre de marfim abstraída, de organização fechada cujo interêsse principal era brincar com túneis aerodinâmicos e modelos de aviões. Cêrca de 90% dos milhões que o programa lunar iria custar destinar-se-iam à indústria e não aos laboratórios da NASA. Assim, o trabalho primacial da NASA tornou-se o de manejar hàbilmente o dinheiro, de ajuizar a validade científica e ideativa dos conceitos de outros homens, e a seguir programar o trabalho de milhares de empreiteiros e fazer cumprir tais programas, de modo que todo o fantástico conjunto ficasse pronto no prazo. O principal trabalho transformou-se, em essência, em administrar.

A NASA era uma organização governamental, que pagava salários de serviço público, de pouco incentivo para homens de gabarito, os quais poderiam ganhar na indústria três vêzes mais. Contratara amiúde, como engenheiros e cientistas avaliadores, homens com talentos inferiores aos homens da indústria, cujo trabalho julgavam e dirigiam. Para resolver êste problema, o Congresso criou uma classificação de "exceção" para certos cargos elevados, que permitia maiores salários do que o serviço público recrutado. Não obstante, em tóda a NASA, com seus 24 000 homens, o salário mais alto foi estipulado em vinte e um mil dólares mensais, e sòmente treze homens recebiam tanto. Du-

rante o planejamento do Apolo, a NASA viveu constante substituição de seus engenheiros-chefes de espaçonave, que a deixavam por empregos mais bem remunerados na indústria.

Acenando com a inegável fascinação de sua corrida à Lua, a NASA começou uma caçada de talentos que iria suscitar queixas e reprovações da indústria e das forças armadas, à medida que a reduzida e dispersa categoria dos técnicos e “engenheiros de sistemas”, que estava a gôsto em tal vastidão, dispersou-se ainda mais. Dependendo de com quem falasse, fôsse para justificar suas sortidas ao Congresso, ou fôsse para tentar aplacar os ataques, a NASA alternativamente exagerava o problema de pessoal por tôda a nação, afirmando que a situação era calamitosa, ou o apequenava dizendo que havia gente em quantidade mais que suficiente. Parecia haver engenheiros em grande número, mas os bons eram muitas vêzes ciumentamente mantidos na inatividade por companhias à espera do dia em que um grande contrato pudesse aparecer.

Uma das últimas nomeações importantes, depois da posse de Kennedy, foi a de James E. Webb para a direção da NASA. Webb, ex-diretor de orçamentos e Subsecretário de Estado, foi propositalmente escolhido devido à sua formação não-científica e à sua experiência como perito político e administrador. Embora sua nomeação tivesse encontrado, a princípio, grande oposição por parte dos assessôres espaciais de Washington em virtude de sua falta de formação técnica e de seus métodos políticos incompatíveis, Webb eventualmente obteve certo grau de respeito por não se opor, costumeiramente, a feitos e idéias ambiciosas, por ter feito da NASA uma organização sólida, e por tê-la provido de pessoal. Outrossim, sua experiência anterior no *Bureau* de Orçamentos e talvez seu sotaque da Carolina do Norte demonstraram ser valiosos nas suas atividades de obtenção de fundos para a NASA, no Capitólio.

No outono de 1961, o caráter da NASA, em Washington, começara a mudar rapidamente. Enrijou-se e tornou-se vibrante ao adquirir um caráter impôsto pelo influxo de alguns membros de uma nova geração — os jovens “administradores de sistemas”, engenheiros que haviam ganho experiência em grandes programas técnicos, ao trabalhar em diversos projetos de mísseis e antimísseis. Estes eram os únicos que se poderiam comparar ao programa lunar, em complexidade e tamanho. Cheios de remorso pelos anos perdidos para os russos, os líderes da administração e o Congresso estavam, àquela altura, decididos a fazer do projeto lunar o núcleo ao redor do qual seria edificada

a melhor agência espacial do mundo. O precursor da nova geração era Robert Seamans, de quarenta e dois anos de idade, que viera para a NASA como administrador adjunto, em fins de 1960, antes do início do projeto lunar. Antes de ser nomeado para a NASA, era engenheiro-chefe da Divisão de Eletrônica e Contrôles de Mísseis da RCA. Havia-se diplomado em engenharia avançada no MIT. Em essência, seu trabalho era o de dirigir a equipe da NASA, que então alcançava o auge de 32 000 membros.

Outro homem da RCA era D. Brainerd Holmes, de quarenta anos de idade, a cujos ombros foi atirada a responsabilidade toda do projeto destinado a assegurar que a América do Norte chegasse à Lua antes de 1970. Nomeado diretor do Departamento de Vôo Espacial Tripulado, em setembro de 1961, quase cinco meses depois de Kennedy ter lançado o programa, foi-lhe dada a atribuição de chefe do projeto. Competia-lhe o entrosamento de toda a complexa equipe nacional e a tarefa de fazer com que o trabalho fôsse executado dentro do prazo e do orçamento. E o que era mais importante ainda, cabia-lhe prover segurança intrínseca bastante para o pessoal que fôsse dirigir a máquina. Holmes provara, na RCA, sua habilidade ao harmonizar a complexa vastidão técnica da construção do Sistema de Alarme Antecipado de Mísseis Balísticos através do Ártico. Antes da RCA, havia ficado nove anos nos laboratórios de produção e aperfeiçoamento da Bell Telephone, em AT & T. Teve um corte de salário de cinquenta mil para vinte e um mil dólares para sair e dedicar-se à Lua.

Outro membro dessa nova geração era o Dr. Joseph F. Shea, de trinta e cinco anos, que também passara pela excelente iniciação dos laboratórios Bell, dirigira a produção da plataforma de orientação inercial da AC Sparkplug para o míssil Titã, e fôra, então, o diretor do programa espacial nos Laboratórios de Tecnologia do Espaço. Shea foi nomeado por Holmes como seu vice-diretor, responsável por todo o trabalho de sistemas de engenharia para o programa lunar. Sua tarefa era a de analisar todas as possibilidades e alternativas e, a seguir, escolher o plano para a maquinaria.

Para suplementar estes talentos de primeira água os novos dirigentes da NASA recorreram também às equipes técnicas superiores da indústria. A American Telephone & Telegraph e seus associados, os Laboratórios Bell e a Western Electric, contribuíram com cerca de duzentos técnicos e duzentos auxiliares para ajudar Joe Shea no seu trabalho de avaliação e seleção de projetos conceptuais, métodos e máquinas para atingir a Lua. Esta foi denominada Comissão Bell.

A General Electric Company, que construía uma excelente instalação para pesquisa espacial, no valor de vinte e quatro milhões de dólares, e organizara uma equipe de engenharia, em Valley Forge, na Pensilvânia, e que logo depois perdera a concorrência para a construção da espaçonave lunar, foi dado um contrato para que cuidasse dos problemas de segurança “interfacial” e prova geral. Isto foi antes que alguém pudesse definir estritamente o que o trabalho interfacial de fato abrangia, a não ser que entre as responsabilidades da equipe da G. E. estaria a de fazer com que todos os sinais mecânicos e elétricos procedentes de uma fase de veículo construída por uma firma fôssem incorporados a tôdas as fases construídas por outras firmas, bem como a de certificar-se de que tôdas as peças provenientes das diversas companhias se ajustassem entre si realmente. Em suma, a G. E. forneceria o equipamento automático de prova geral para Cabo Kennedy, e também serviços de manutenção de testes e maquinaria na instalação de provas da NASA no Mississípi. No conjunto era um contrato extremamente valioso, que alguns afirmavam poder alcançar a cifra de um milhão de dólares.

Decorridos um ou dois meses da aprovação do programa pelo Congresso, estava-se cogitando da construção de uma nova e vasta instalação ao longo de uma faixa de terra na Costa do Golfo e no Atlântico, faixa de terra que prontamente veio a ser chamada “o Crescente da NASA”. Os computadores haviam informado aos planejadores que a aquisição de terrenos e a construção de novas instalações de lançamento tornar-se-iam provavelmente “pontos reguladores” na corrida à Lua — o programa avançaria tão depressa quanto tais passos o permitissem.

Depois de ter examinado cêrca de quinze áreas diferentes por todo o país, a NASA decidiu-se a continuar a expansão da já extensa área de lançamento do Cabo Kennedy, então Cabo Canaveral. Cêrca de 87 000 acres seriam comprados, estendendo-se para o norte da antiga área, ao longo de uma faixa de trinta milhas de praia, pântanos, ilhas e lagoas. As novas aquisições aumentariam a instalação do Cabo de aproximadamente seis vezes seu tamanho anterior.

Dentro de um ano, havia-se iniciado a construção de novas instalações de lançamento e prova geral, no valor de um bilhão de dólares, capacitadas a lidar com foguetes dúzias de vezes maiores do que qualquer um até então disparado do Cabo. Tudo o mais poderia ser dito sôbre os engenheiros da era espacial da América do Norte, salvo que sua imaginação fôsse desencorajada pelo tamanho da obra. Por exemplo, de há muito se reconheceria

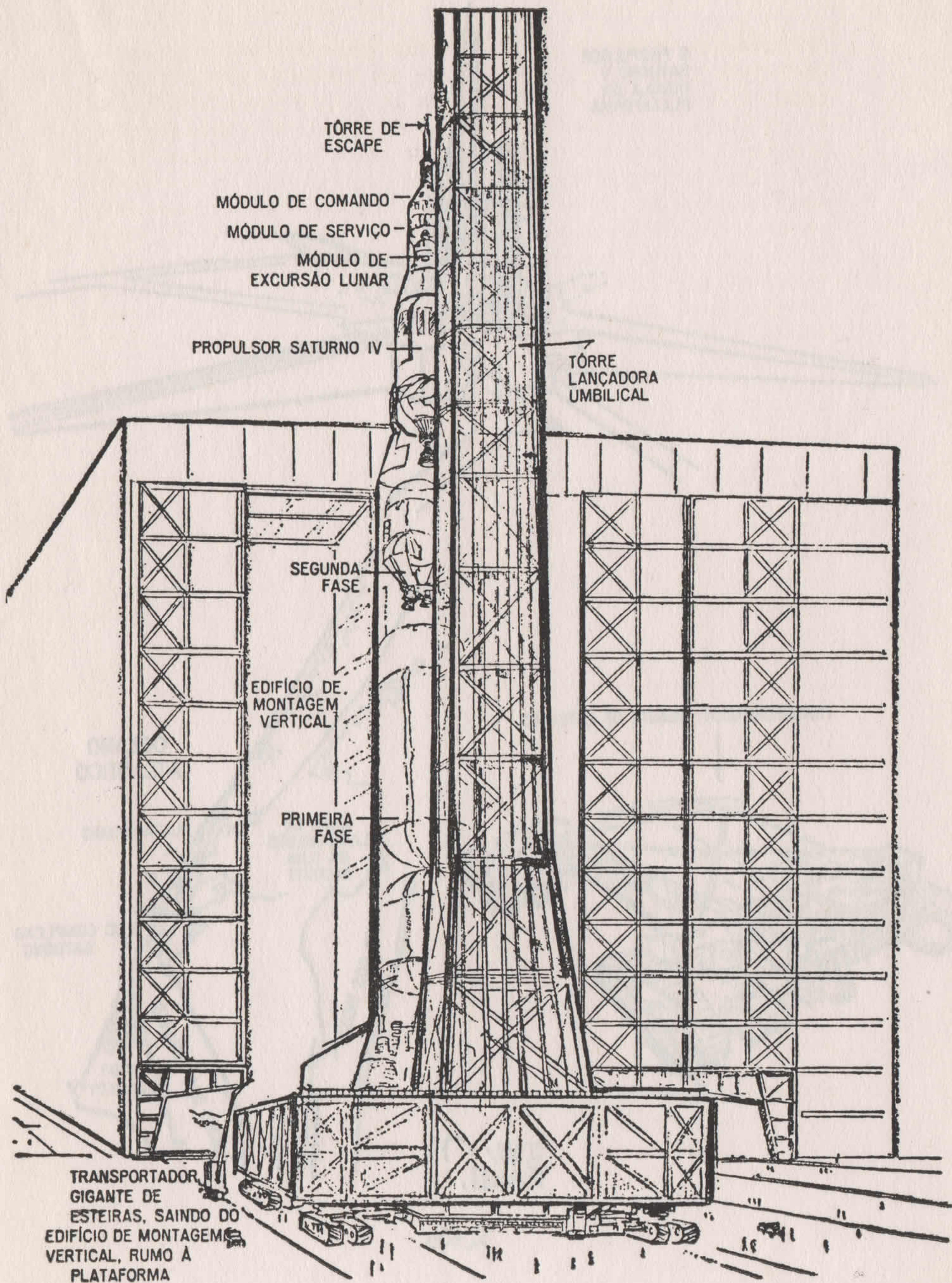
que o antigo método de erigir, montar, e conferir os foguetes propulsores na própria plataforma de lançamento da qual seriam disparados, não era plenamente satisfatório, especialmente quando se tratava de complexas missões tripuladas. Em primeiro lugar, o processo completo levava vários meses, para cada foguete — meses nos quais o foguete, a carga de instrumentos, e a maquinaria suplementar ficariam perigosamente expostos à ação do ar salino da orla marítima próxima, para não mencionar as chuvas e os eventuais furacões da Flórida. Em segundo lugar, o “tempo de giro” era prolongado, isto é, a plataforma de lançamento ficava impraticável para quaisquer outros vôos durante todo o período, bem como durante o longo tempo de “limpeza” que se seguia e no qual se efetuavam consertos e substituições dos vários cabos, mangueiras e outros materiais incapazes de resistir ao jato de chamas do foguete. A solução óbvia para ambos os problemas era montar todo o veículo num edifício separado e protegido, e em seguida transportá-lo à plataforma de lançamento para disparo. Cálculos elementares, contudo, demonstravam que um foguete lunar provavelmente mediria mais de 300 pés de comprimento e pesaria cerca de 3 000 toneladas. Além disso, apesar de sua natureza violenta, seria uma máquina singularmente delicada, incapaz de suportar manuseio excessivo. Dessarte originou-se o conceito de montagem vertical isolada e o transportador vertical. A Edificação para Montagem Vertical do Cabo Kennedy, ou VAB (*Vertical Assembly Building*), construída para alojar ao mesmo tempo quatro foguetes Saturno V parcialmente montados, teria 524 pés de altura, 513 de comprimento e 418 de largura, o que a faz o edifício mais alto ao sul de Nova Iorque e quase duas vezes maior, em volume, do que o Pentágono. Seus quatro portais seriam fendas verticais de 456 pés, que se abririam para permitir a saída dos Saturnos eretos.

Ainda mais assustadores serão os veículos de transporte sobre os quais os foguetes eretos hão de ser conduzidos até os locais de lançamento, quase três milhas distantes. Depois de ter cogitado de trilhos, batelões e veículos com pneumáticos, a NASA decidiu-se por transportadores caterpillar de esteira, dois dos quais serão construídos pela Companhia Marion de Pás Mecânicas, de Marion, Ohio, ao preço aproximado de cinco milhões de dólares cada. Entre tôdas as outras monstruosidades daquela tira litorânea, estas máquinas serão extraordinárias. Plataformas chatas de 131 pés de comprimento e 114 de largura, elas se movimentarão sobre oito esteiras de caterpillar sendo cada esteira duas vezes mais alta que um homem. Semelhando algo que

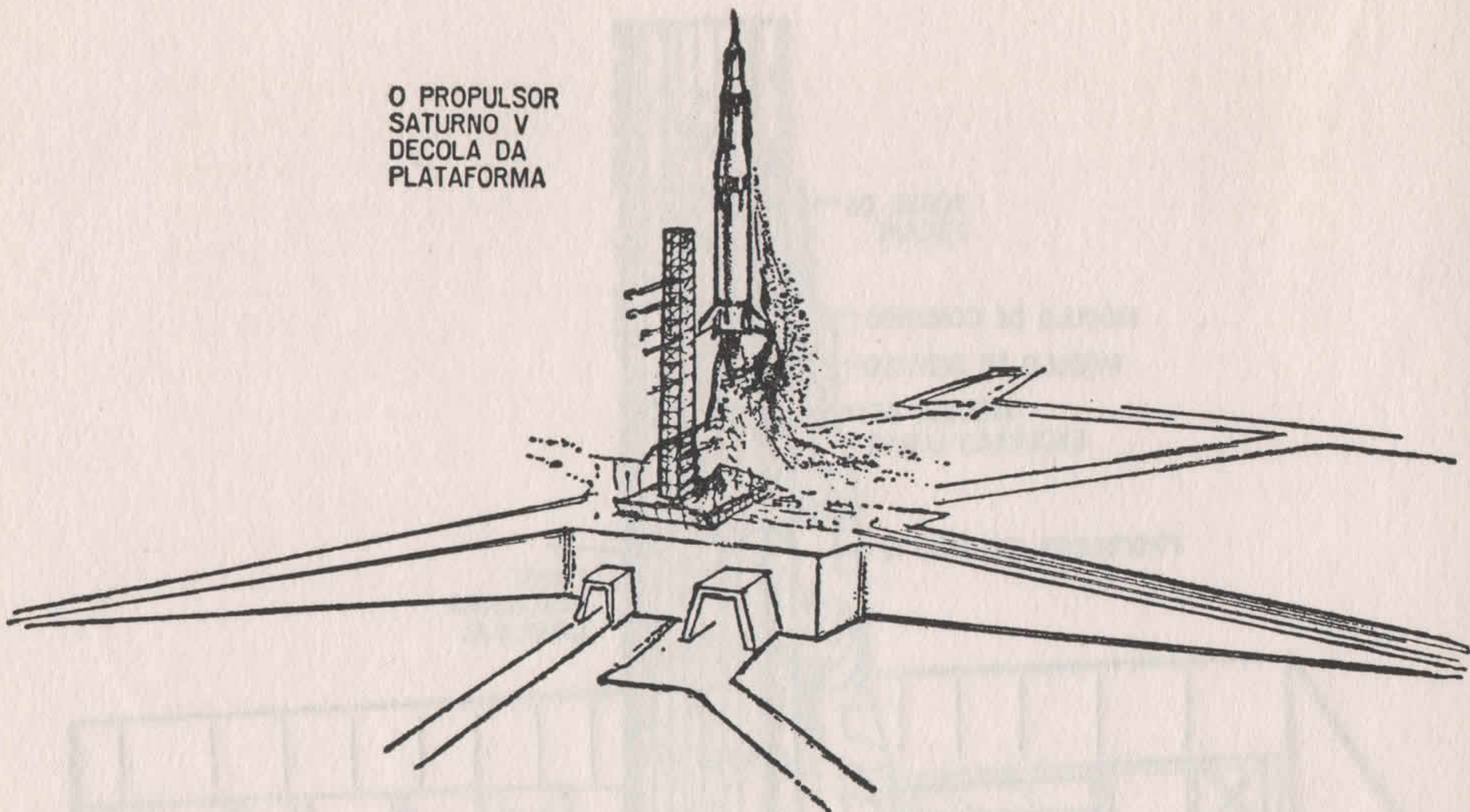
emergisse cambaleante do mar vizinho para pôr seus ovos, avançará pela porta aberta do VAB e se colocará sob o foguete lunar montado. Uma cremalheira de lançamento, semelhante a um chassi, que mantém a base do Saturno acima do solo, será baixada lentamente, por meio de cilindros hidráulicos, sobre o locomotor. Com as amarras bem seguras, este e sua carga surgirão à luz do sol da Flórida — um foguete Saturno, sem combustível, de 250 toneladas, com uma espaçonave Apolo no topo; o conjunto todo terá uma altura equivalente a dois terços do Monumento de Washington. Junto dele, sobre a mesma plataforma móvel, haverá uma torre portátil ainda mais alta, para sustentar as tubulações umbilicais vitais que conduzirão o combustível e a energia elétrica ao foguete, e permitir o acesso dos técnicos e astronautas à espaçonave. A torre de 5 250 toneladas e o foguete se apóiam sobre 2 750 toneladas de cremalheiras de sustentação, plataforma do locomotor e esteiras.

Todo o conjunto ereto se deslocará à velocidade de 1 milha por hora pela rodovia, marginada de palmeiras e fustigada pela areia, que atravessa a Ilha Merritt — duas faixas paralelas de concreto, com 40 pés de largura, especialmente preparadas para acomodar as grandes esteiras do rastejador, as quais são acionadas eletricamente. Mesmo ao subir aclives de 5 por cento, com ventos do Cabo, de 45 milhas por hora, a sacudir o foguete e a assobiar nas longarinas da torre umbilical, o mecanismo do locomotor deve manter sua carga de 360 pés dentro de um grau da vertical exata. Faz isto por meio de cilindros de nivelamento automático, dispostos nos cantos da plataforma. No interior desta, indiferentes ao movimento, estarão computadores de constante prova geral, com ramificações alcançando as partes internas do Saturno, e rádios que transmitirão continuamente seus diagnósticos sobre as condições do foguete ao centro de controle de lançamento, na casamata do Complexo de Lançamento 39 da Ilha Merritt, o sítio do Saturno V.

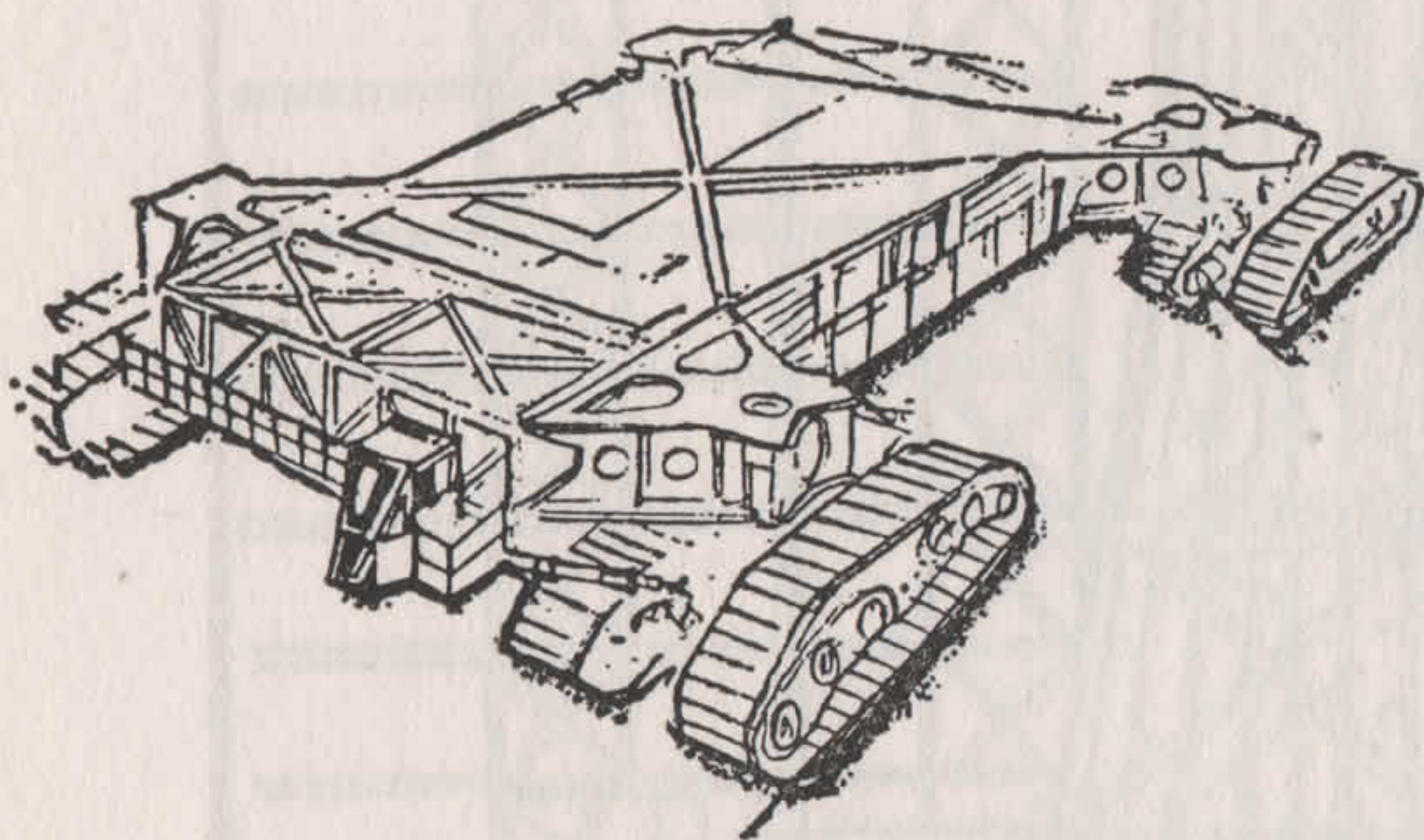
O foguete será transportado, por um atêrro, através da Lagoa do Rio dos Índios, e subirá uma rampa para chegar ao seu lugar de repouso final, sobre uma das três plataformas de lançamento de Saturno V do Complexo 39, distanciadas nove mil pés uma da outra, ao longo de uma faixa a meia milha do Oceano Atlântico, que se estende ao norte, de False Cape até Playalinda Beach. Uma vez lá, o foguete e sua cremalheira de lançamento serão baixados sobre os pilares de concreto do pedestal de lançamento. O locomotor de esteiras sairá de baixo deles e irá apanhar ainda outra dessas tôscas torres transportáveis que



O PROPULSOR
SATURNO V
DECOLA DA
PLATAFORMA

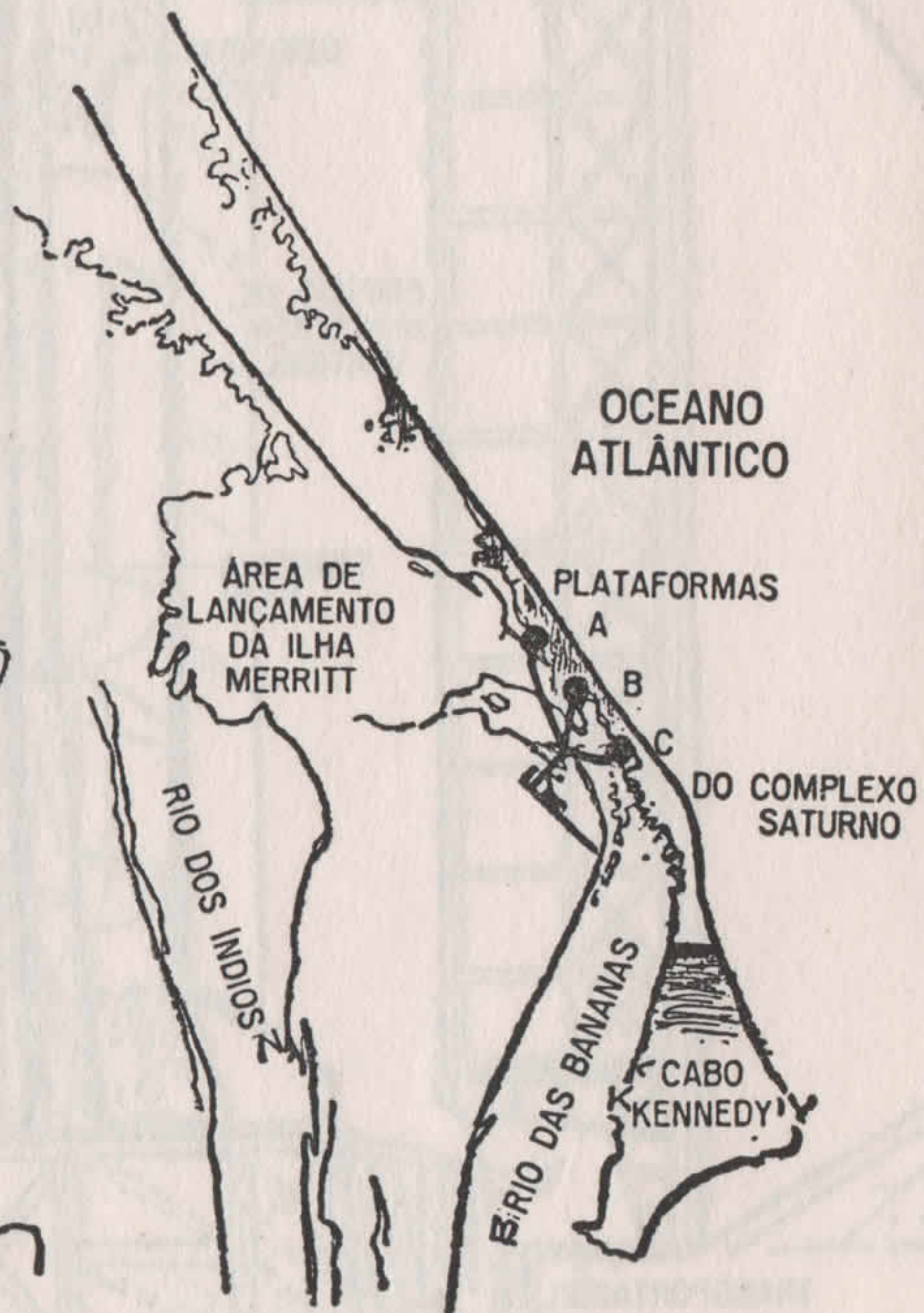


TRANSPORTADOR GIGANTE DE ESTEIRAS



TOM
WHEEL.

Sn 533



parecem medrar no local. Arrastará a torre até o lado do foguete, e desta "torre tentacular" sairão plataformas que envolverão os flancos delgados do veículo. Guindastes e homens começarão a apinhar-se ali, transportando os fardos pirotécnicos do foguete — os variados foguetes de separação, e as cargas explosivas que acenderão os foguetes, que separarão as junções entre as fases e os módulos do veículo, que ejetarão painéis, e que farão gradualmente em pedaços toda a preciosa e complexa máquina, até que, um dia, tudo quanto reste seja uma pequena cápsula, conduzindo um homem, que despencará, incandescente, na atmosfera terrestre.

Os vôos de ensaio da cápsula e de treinamento da tripulação serão disparados de duas plataformas novas e de uma antiga, do Saturno I, mais ao sul. O plano da nova área do Cabo Kennedy inclui também três plataformas para o Titã III, o bicho acionado em parte por combustível sólido, em parte por combustível líquido, que, ideado originariamente para pôr em órbita o planador espacial Dyna-Soar da Força Aérea, projeto cancelado, foi designado posteriormente para lançar o Laboratório Orbital Tripulado da Força Aérea.

Bem ao norte e a oeste do Cabo Kennedy, situava-se o então maior e mais rico centro da NASA, em Huntsville, no Alabama, o qual, como instalação do exército, construíra e colocara em órbita, no início de 1958, o primeiro satélite da América do Norte. Denominado então Centro Marshall de Vôo Espacial, preparava-se para gastar uma grande parte das verbas calculadas para a viagem à Lua naqueles monstruosos e delicados foguetes propulsores que eram sua singular especialidade. Os primeiros modelos de ensaio deveriam ser ali construídos, na verdade. A produção regular foi então confiada a empreiteiros, alhures. O centro começou a contratar funcionários, para formar uma equipe de nove mil ou mais pessoas. Esta equipe seria estruturada ao redor do diligente núcleo profissional constituído por uma centena de técnicos em foguetes, ex-alemães que, um quarto de século antes, em Peenemünde, Alemanha, haviam desenvolvido os primeiros modelos de motores primários para vôo espacial. Posteriormente, trabalharam vários anos em Huntsville, procurando acender no coração dos norte-americanos um pouco de seu entusiasmo pelo vôo espacial. Por fim, foi-lhes dada permissão para construir seus ruidosos, flamejantes foguetes a fim de transportar somente jovens norte-americanos à Lua e aos planetas.

Cêrca de quatrocentas milhas ao sul, em Nova Orleans, no centro do Crescente da NASA, uma das maiores instalações in-

dustriais do mundo estava sendo remodelada para tornar-se a fábrica de produção dos projetos do Centro Marshall de Vôo Espacial. Essa instalação, com dois milhões de pés quadrados, em Michoud, na Louisiana, fôra construída pelo govêrno durante a Segunda Guerra Mundial para a montagem de aviões. Então dois empreiteiros, a Chrysler e a Boeing, iriam partilhar seu arrendamento para construir as versões de produção dos primeiros estágios dos foguetes Saturno I e Saturno V, respectivamente. Como se tratava de próprio do govêrno, a NASA poderia despedir qualquer empreiteiro cujo trabalho não correspondesse aos padrões e imediatamente engajar outro para continuar o trabalho em curso. A NASA denominou essa instalação de Usina de Processamento Michoud.

O trabalho começou num local à margem do Lago Pontchartrain, fronteiro a Michoud, a cêrca de quarenta milhas de distância; ali estava situada a Usina de Provas do Mississípi, a área de minuciosos testes estáticos para os grandes propulsores que iriam ser construídos. As primeiras fases dos foguetes, que tinham a capacidade de perturbar a paz de tôda uma região, podiam ser trazidas de Michoud por água, para lá serem submetidas aos intensivos testes necessários a foguetes avaliados pelo homem, em relativo isolamento, numa gleba de 13 550 acres circundada de uma área de amortecimento de 128 400 acres.

Com um custo máximo total que chegava talvez a quinhentos milhões de dólares, êste sítio de testes, na região pantanosa do Mississípi, iria se constituir numa espécie de Veneza da era espacial. Seria interligado por quinze milhas de canais de 200 pés de largura, que constituiriam a principal via de transportes para as várias fases dos grandes foguetes, a caminho ou de volta de seus suportes de teste, e supririam as enormes quantidades de água necessárias para o esfriamento dos defletores de chamas, na base dos suportes. Dali os gigantescos propulsores podiam ser transportados por barcaças, através de um canal de 500 pés de largura especialmente aberto, até a via navegável interlitorânea do Gôlfo do México, e desta ao seu último lugar de repouso terrestre, no Cabo Kennedy. Planejou-se uma frota de sete barcaças e dois navios oceânicos para ligar aquelas instalações a outras da NASA e às usinas de produção da Califórnia, onde algumas das fases superiores de foguetes estão sendo construídas.

Na extremidade mais ocidental do crescente, situava-se a repartição de administração espacial mais experimentada da América, o antigo Grupo-Tarefa do Espaço. Trocara o nome para

Centro de Espaçonaves Tripuladas (MSC) e mudara-se, em meio a controvérsias, de seu sítio anterior, na Base de Langley da Força Aérea, para uma área próxima de Houston, no Texas. O Grupo-Tarefa do Espaço, que tinha desenvolvido e administrado os vôos orbitais tripulados do Mercúrio, viu-se na iminência de ser desmantelado e dispersado ao término do Projeto Mercúrio. Propôs ele que, em vez disso, fôsse mantido íntegro para cuidar de projetar e construir tôdas as vindouras espaçonaves tripuladas, bem como treinar os astronautas. A administração geral do programa lunar, extremamente mais abrangente, com seus prementes problemas de pesquisa científica, seus novos propulsores, e seus complexos problemas sociais e econômicos, podia ser feita a partir de Washington. O diretor de campo do Mercúrio, Robert M. Gilruth, seria o diretor do MSC.

Acomodando-se precariamente numa dúzia de edifícios heterogêneos, dispersos pelas cercanias de Houston, o MSC tentou manter a produção da nave lunar em andamento, em meio às múltiplas confusões da mudança, das conexões interrompidas com Washington, do aumento do pessoal da organização, de 700 para 4 000 homens, isso para não mencionar a excitação de vários dos primeiros vôos do Mercúrio.

O Centro de Espaçonaves Tripuladas foi designado para cuidar das espaçonaves Apolo, Gêmini, e outras futuras, bem como realizar pesquisa e desenvolvimento e selecionar e treinar astronautas. O Instituto Rice, de Houston, doou à NASA, como sítio para as instalações definitivas do MSC, 1 600 acres ao sul de Houston, perto de uma sonolenta encruzilhada da costa do golfo chamada Webster, onde quase nada mais existia além de vacas e poços petrolíferos. Rice estava ansioso por ver um centro daquela espécie estabelecer-se nas vizinhanças trazendo de pronto aquêle estímulo e escoadouro para o talento que faz as escolas técnicas prosperarem. Em breve, estava em vias de transformar-se na primeira academia espacial da nação.

As instalações do Centro de Espaçonaves Tripuladas incluíam múltiplos laboratórios, quartéis de treinamento para os astronautas, numerosos simuladores espaciais de várias espécies, bem como a instalação de computação da IBM. Esta se destinaria a interpretar em “tempo efetivo” (instante por instante) os avisos e instruções aos astronautas ou às suas máquinas.

Dentro de dias as placas de VENDE-SE proliferaram ao redor do nôvo sítio, anunciando lotes, que antes custavam 400 dólares, por 11 000; armavam-se estruturas residenciais; e construía-se um clube de campo e um pequeno ancoradouro de recreio para o entretenimento dos alegres e vigorosos astronautas vindouros.

CAPÍTULO III

OS ENGENHEIROS

A LUA paira como uma frágil e nova estilha. Na orla do mar, o foguete fumega ameaçadoramente na leve brisa que antecede a aurora, incapaz de reprimir a ebulição do hidrogênio e do oxigênio liquiefeitos bombeados para bordo. O perigo pulsa no ar, palpável como uma tempestade. A despeito de anos de intimidade, o hidrogênio líquido continua sendo uma fria e soturna fera, que mal se alcança conter, no melhor dos casos, impossível de conter, no pior. Se escapasse de seus reservatórios, no alto das secções superiores do Saturno, poderia incendiar a plataforma de lançamento e acres em derredor. O veículo range, estala e geme enquanto os combustíveis frígidos e borbulhantes se derramam no seu interior, fazendo-o congelar-se. Seu peso vazio, de 250 toneladas, aumenta para 3 000 toneladas, seu peso de voo.

A 320 pés de altura, perto da ponta do foguete, envoltos parcialmente pela neblina oriunda do combustível, três homens atravessam em fila uma ponte que se projeta da torre umbilical. Os astronautas! Desaparecem rapidamente pela porta do cone do Apolo. Uma nuvem de técnicos obscurece a abertura.

Numa casamata distante, dúzias de homens, de parceria com um computador, prosseguem com sua retrocontagem. É uma tarefa mais fácil, atualmente, do que nos dias dos Atlas e dos Titãs antes do tempo da maquinaria automática de prova geral. Naqueles dias das exaustivas retrocontagens manuais, a fadiga e a tensão nervosa ameaçavam constantemente deixar algo por cuidar. As inúmeras réplicas go*, que entremeavam uma retro-

* Go: apto ou aptos a prosseguir. (N. do T.)

contagem do Mercúrio são aqui reduzidas a umas poucas, porque a maquinaria automática examina os sinais provenientes de centenas de fios elétricos, que penetram o interior do Saturno, anotando vibração e temperatura, cuidando de que cérebro, nervos e músculos do foguete funcionem. Gradualmente, o Saturno se torna mais e mais desperto, ao estímulo dos dedos dos manipuladores, à instigação dos computadores. Os nervos do gigante agitado enviam fluxos de sinais que correm até a casamata, à medida que os sistemas de abastecimento são pressionados, que os sistemas eletrônicos são postos a funcionar, que válvulas se abrem ou fecham, que bombas começam a zunir.

No tópo dêste enorme conjunto audivelmente a borbulhar, os três astronautas instalaram-se nos seus assentos, para as três horas de espera até o momento do lançamento. Faixas de tecido forte atravessam-lhes, apertando-os, o tronco, os braços e as pernas, para manter-lhes o corpo no lugar, a salvo de forças de qualquer direção. Reclinados lado a lado, na clássica posição de joelhos elevados, observam alguns instrumentos tremular, entre os muitos que existem no largo painel estendido diante deles, por toda a largura da cápsula. De vez em quando, falam serenamente com os de terra e entre si. Sentem os pequenos tremores da nave, que lembram os de um veículo sendo preparado para viagem: gemidos, enquanto seu metal se ajusta a milhares de toneladas de combustível gelado; leves zumbidos e vibrações quando os bocais do motor principal, lá embaixo, são girados de um lado para outro, nos suportes, para conferir sua ação de governo; cliques de interruptores e relés elétricos. O comandante-piloto está preocupado com os sinais que ecoam em seu capacete, com as luzes vermelhas e verdes, e com os poucos instrumentos que poderiam indicar algum defeito.

Na mão esquerda, segura a alavanca com que pode acender o foguete de escape e arremessá-los todos a uma altura de quatro mil pés, a salvo de qualquer distúrbio que os produtos químicos lá embaixo tivessem em mente. No assento à direita, o co-piloto controla seu painel, que é em parte duplicata do painel do piloto, observa sintomas nos sistemas elétrico, de comunicações, de subsistência, de contróle, de propulsão e de navegação do Apolo. O engenheiro de sistemas, no assento do meio, observa sua seção do painel, que é, também, em parte, uma duplicata do painel do piloto. Ele se interessa principalmente pelas condições do sistema de orientação inercial. Este dispositivo de navegação, com seus pêndulos sensíveis à aceleração, está montado numa "plataforma estável", equipada com giroscópios, para poder per-

manecer orientada no espaço, a despeito de tôdas as torsões e voltas da espaçonave, propiciando um ponto de referência no extravagante universo que aguarda êsses homens dali a poucos minutos. O engenheiro de sistemas cuida de que o cérebro computador do dispositivo atenda ao que lhe cabe, mantendo sua atenção voltada para a Terra, a Lua e a hora do dia.

A cápsula tripulada do Apolo é a pequena ponta cônica de um foguete de aproximadamente trinta vezes sua altura e setecentas vezes o seu peso — quase que o volume de um edifício comercial de trinta e dois pavimentos. Quando se trata de vôo espacial, os terrestres o sabem, a proporção desaparece. Não podemos imaginar facilmente velocidades de sete milhas por segundo, nem custos de viagem de milhões de dólares. O que era desproporção é, de fato, a nova proporção, e esta é a razão por que nossos pensadores mais sensatos bancam freqüentemente os tolos ao tentar prever as exigências do futuro. Quem poderia prever que o Homem iria lançar da Terra edifícios comerciais, em viagens improfícuas à Lua? Porém, uma aventura tão descomunal situa-se, atualmente, no ápice das esperanças e das energias inventivas de uma nação.

Depois de os cientistas e dirigentes da NASA terem afirmado que o vôo à Lua poderia ser realizado, e de os políticos terem declarado que deveria ser realizado, a fria realidade da façanha ficou a cargo dos engenheiros, porque o Apolo é mais trabalho de engenheiro que de cientista. Procurando dar expressão um pouco mais elevada à realidade, diríamos que é da competência de engenheiros aero-espaciais. Os Visionários da Ciência, cientistas, políticos, e declarantes da NASA — usando jargão de engenharia — haviam dito que a conquista da Lua se encontra dentro do “estado da arte”. Mas ninguém sabe, melhor que os engenheiros, quão imperfeito é o estado da arte. Tiveram de aprendê-lo amargamente, através de malogros sucessivos, devido a “margens de projetos” mal calculadas, nas quais procuraram fazer demais com pouquíssimo conhecimento e pouquíssima missilística. Eles vivem no mundo deselegante dos tratos comerciais — dos eternos e mesquinhos compromissos entre tempo, dinheiro, fôrça humana, fidedignidade, capacidade humana, propriedades de materiais, e a surpreendente probabilidade do improvável. Raramente podem eles fazer as coisas da melhor maneira, nem mesmo da maneira que o estado da arte indicaria. Por exemplo, uma simples sonda-foguete não tripulada para ir à Lua e retransmitir informações, era considerado algo bem ao alcance do estado da arte em 1958, mas não foi realizada senão

em 1964, após onze fracassos consecutivos. Êstes atrasos teriam graves conseqüências para o Projeto Apolo.

No que respeitava às decisões de engenharia para a viagem tripulada à Lua, duas exigências eram constantes: (1) que tal missão não admitiria malogros como os ocorridos nas sondas lunares não-tripuladas, e (2) que as ordens eram chegar à Lua antes do fim da década.

Na realidade, as mensagens presidenciais oficiais falavam em levar o homem à Lua “em data tão próxima quanto praticável. O que não se esclareceu foi o significado exato da frase. Alguns entenderam que significava “data tão próxima quanto possível”; para outros significava “data tão próxima quanto fôr compatível com razoável segurança para a tripulação”; para outros ainda, queria dizer “tão rapidamente quanto fôsse compatível com uma abordagem metódica, de engenharia e de ciência, bem planejada, bem desenvolvida, e que provesse técnicas e equipamento que pudessem estar disponíveis para tais desenvolvimentos futuros, como missões militares ou expedições tripuladas aos planêtas”. Por capciosas que tais distinções possam parecer, iriam propiciar algumas indecisões críticas e altercações injuriosas que continuarão, provavelmente, até que o primeiro homem pouse na Lua.

No início de seu desenvolvimento, o Projeto Apolo começou a afastar-se de sua base de urgência prioritária à proporção que os arroubos de primavera se convertiam em irritabilidades de verão e realidades de inverno. Ao propor o programa lunar, Kennedy pedira categoricamente ao Congresso e à nação que ponderassem o assunto cuidadosamente antes de decidir, mas o Congresso — e a nação foram arrebatados pela inspiração daquela primavera peculiar, e se atiraram unânime à Lua, descurando, felizmente, o custo gigantesco do projeto. Não foi senão quase dois anos depois que a imprensa e os legisladores se deram conta do que havia sido proposto naquela primavera de 1961. Os articulistas e os redatores deploravam custo tão descomunal para um objetivo tão restrito. Os membros do Congresso começaram a discutir finalidades, a explorar, em especial, a alarmante exaustão do potencial técnico-humano da nação, a duvidar de que os gigantescos programas de exploração espacial conservassem por muito tempo seu valor de entretenimento. Em resumo, o assunto teve a cuidadosa ponderação que Kennedy havia solicitado antes que cerca de quatro bilhões de dólares da verba do projeto tivessem sido gastos. Mas àquela altura, pouco havia que se pudesse fazer, a não ser transferir o programa para a

década vindoura por causa de algumas centenas de milhões de dólares. Mais taxativamente, enquanto quase todo congressista duvidava da sensatez e dos objetivos do programa, muitos estavam também cientes de seu lugar na História. A História não aplaudiria a economia de alguns bilhões de dólares, mas podia muito bem condenar a curteza de vistas.

O debate prolongou-se pelo verão de 1963; a comissão política do Senado republicano tachou de absurdo o programa lunar — parecer esquisito depois de os senadores terem sancionado o programa lunar em 1961, virtualmente sem debate. As comissões da Câmara e do Senado fizeram cortes drásticos nos 5,7 bilhões de dólares do orçamento da NASA para 1964, a despeito dos protestos de que isso poria em perigo o penhor de um pouso lunar por volta de 1970.

O Presidente Kennedy apusera ao projeto a mais alta classificação de prioridade, DX, que somente um número reduzido de projetos, na maioria militares, até então recebera. Não obstante, a ambigüidade da frase “data mais próxima praticável” e a ausência de diretivas presidenciais esclarecedoras trouxeram à tona diferenças pessoais latentes no seio da organização da NASA. Delas, a principal era a que existia entre o diretor do Projeto Apolo, D. Brainerd Holmes, e seu chefe, James Webb. Tais diferenças eram embutidas e totais. Holmes era o engenheiro nascido em Brooklyn com um grande emprêgo, ingênuo quanto aos métodos de Washington, palrador e franco, disposto a executar o seu trabalho pelo meio mais rápido possível. Considerava seu trabalho uma corrida pessoal contra um seu correlativo alhures na Rússia. Boa parte de sua carreira êle a passara trabalhando em projetos militares urgentes e prioritários, nos quais o dinheiro raramente contava. Webb era o semipolítico nascido na Carolina do Norte, afeito às realidades dos membros do Congresso, cuidando somente de chegar à Lua suficientemente depressa para satisfazer à maioria das pessoas, embora mantendo-se dentro de um orçamento módico e não comprometendo outros programas em curso da NASA. Afirmou que sua organização da NASA *não* estava empenhada numa corrida à Lua com a Rússia. As comunicações internas da NASA foram sempre deficientes, mas entre Webb e Holmes quase não existiam e não eram particularmente desejadas por qualquer dos dois.

Ao término de seu primeiro ano no pôsto, Holmes e os centros da NASA haviam contratado, com empreiteiros, um excedente de aproximadamente 500 milhões de dólares. Era dinheiro que iria ser gasto para adiantar em cerca de cinco meses

o pouso lunar. Quando se dirigiu a Webb para solicitar verba suplementar do Congresso, Holmes foi recebido com pouca simpatia; Webb, outrossim, estava algo propenso a retardar, talvez o projeto lunar, se necessário, para permanecer dentro das limitações orçamentárias e manter alguma forma de equilíbrio, dentro da NASA, entre a exploração espacial tripulada e a não tripulada. Nisto, Webb era apoiado, em parte, pela Casa Branca. Forjou-se deliberadamente uma ambigüidade quanto à data visada para o efetivo pouso lunar. A política oficial sustentava que deveria ser "antes do fim da década". A NASA anunciava que poderia realizar um pouso, se tudo se desenrolasse de acôrdo com a programação, em 1967 ou em 1968. As declarações da Casa Branca, no concernente ao Projeto Apolo — se constituía ou não uma corrida com os russos — eram geralmente equívocas, e o próprio James Webb fazia ordinariamente confusos apelos de convocação. Embora tivesse sido o defensor mais ostensivo da tese de que os Estados Unidos poderiam vencer os russos na arremetida à Lua, negou repetidamente que tal fôsse o propósito do Apolo. Eventualmente o Presidente Kennedy em pessoa propôs, de público, a cooperação entre os Estados Unidos e a Rússia na exploração lunar. Concebido como uma espécie de arma na competição da guerra fria, o Apolo estava sendo transformado, repentinamente, numa espécie de cachimbo da paz.

Pouco a pouco, devido às suas próprias tensões intestinas, a organização da NASA começou a abrir-se nas juntas. Contribuindo para tais tensões, havia os salários baixos, os conflitos de personalidade e as contradições internas, que surgiam quando grupos totalmente disparatados, com filosofias e formações diferentes, se viam coagidos a manter estreitas relações de trabalho. Conjecturas públicas quanto às decisões de outros homens eram extensivamente praticadas, não sòmente dentro da organização da NASA, como também por altos funcionários fora dela. Cada qual tinha suas razões pessoais para ir à Lua e cada qual se considerava um perito quanto à melhor maneira de fazê-lo. Na primavera de 1963, os mais altos dirigentes e cientistas do Apolo caíram, um após outro. Em Houston, a renúncia de James Chamberlain, o chefe do Projeto Gemini, foi rapidamente seguida pela de Charles Frick, que dirigia o projeto da espaçonave Apolo. E em Washington, o maior desastre foi a renúncia do próprio e impetuoso Brainerd Holmes, efetivada no outono de 1963. Holmes aceitara o encargo acreditando que pudesse desempenhá-lo como um czar, com plena responsabilidade e plena autoridade. Os acontecimentos provaram que se enganara; o Apolo era um projeto de equipe, um projeto civil; tôda decisão de alguma im-

portância era pesada e repesada, e muitas decisões que lhe afetavam o trabalho eram tomadas por Webb e outros, a um ponto tal que o desabrido Holmes considerou as condições insuportáveis, para não falar do baixo salário.

Com a renúncia de Holmes, o moral daqueles que, na NASA, se tinham inspirado na sua liderança franca, caiu verticalmente. Muito mais do agrado de Webb, entretanto, era o sucessor de Holmes, o Dr. George E. Mueller. Importado de Los Angeles, onde fôra vice-presidente responsável por pesquisa e desenvolvimento nos Laboratórios de Tecnologia Espacial, Mueller, com 45 anos de idade, vangloriava-se de possuir mais experiência do que Holmes na supervisão do programa espacial. Engenheiro eletricitista por formação, passara também anos nos Laboratórios Bell, reunira uma porção de patentes, mas lecionara outrossim dez anos na Universidade Estadual de Ohio. Calmo e cortês, trazia consigo um pouco da atmosfera do *campus*. Durante o tempo que esteve nos Laboratórios de Tecnologia Espacial, Mueller havia sido engenheiro de sistemas-chave no programa de mísseis balísticos da Força Aérea e fôra responsável pela produção da primeira sonda espacial bem sucedida dos Estados Unidos, o Pioneiro I, bem como pelos satélites Explorador VI e Pioneiro V. Vindo para a NASA, Mueller recebeu o novo título de Administrador Adjunto do Vôo Espacial Tripulado. Esperava-se que transferisse elegantemente a Webb as decisões políticas pelas quais Holmes se tinha batido. Foi designado para auxiliar Mueller na supervisão cotidiana do Projeto Apolo, e para eventualmente assumir a direção total do Apolo, o Brigadeiro da Força Aérea, General Samuel C. Phillips. Ele fôra, anteriormente, vice-comandante da Divisão de Sistemas Balísticos da Força Aérea.

Assim, quando chegou a época de aprovar o orçamento para o ano fiscal de 1964, o ânimo do Congresso se compunha de uma combinação peculiar de circunstâncias. Primeiramente, havia a irritação intermitente com a NASA e seu diretor, James Webb, pelas discórdias e pela renúncia de Brainerd Holmes. Holmes deixara pouca dúvida de que se considerasse mesmo em competição com os russos; porém, um dos primeiros pronunciamentos públicos de seu sucessor, George Mueller, foi de que *não* se considerava ele próprio empenhado em tal corrida. Concomitantemente, certas declarações conciliatórias feitas por eminentes cientistas russos, afirmando que não se consideravam tampouco empenhados numa corrida lunar com os Estados Unidos, seguidas da proposta do Presidente Kennedy, de cooperação

entre os Estados Unidos e a Rússia, eliminaram o ângulo competitivo da atitude do Congresso quanto ao que estava tentando realizar com a viagem à Lua. Além disso, uma clara visão de alguns dos riscos que seriam o quinhão dos astronautas lunares, levou mesmo alguns dos mais ardorosos proponentes do Apolo a conjecturar se seria necessário que se realizasse nesta década.

Membros da Câmara dos Representantes, sempre mais sanguinários em relação aos orçamentos da NASA do que os senadores, reduziram o orçamento solicitado em cerca de 600 milhões de dólares, a despeito dos protestos da NASA de que isso a impossibilitava virtualmente de realizar o pouso lunar antes do fim da década.

Na verdade, a situação não era provavelmente tão calamitosa quanto a NASA a estava apresentando — ou, se o fôsse, a NASA dificilmente estaria em situação de sabê-lo em 1963. Todos os cálculos se baseavam em conjecturas felizes. A programação original da NASA fundava-se realmente em levar a cabo o pouso lunar em 1968. Supondo-se que os Estados Unidos tivessem arriscado sua honra em efetuar um pouso antes do fim da década, a NASA dispunha de aproximadamente dois anos de margem — margem que estava sendo criticamente reduzida a cada corte orçamentário.

Com o assassinio do Presidente Kennedy em fins de 1963, os olhares ansiosos dos homens do Apolo se voltaram outra vez para Washington e para os planos fiscais do Presidente Lyndon Johnson. Quase todos reconheciam Johnson como sendo o fautor originário atrás do programa lunar, mas reconheciam também que o ano da eleição se aproximava e que Johnson buscara sua plataforma no programa de economia no govêrno. Como é típico em semelhantes situações, o resultado foi inconcludente: Johnson reafirmou sua determinação de chegar à Lua antes do fim da década e, no entanto, permitiu à NASA que apresentasse uma requisição orçamentária de somente 5,3 bilhões de dólares para 1965 — soma com a qual, já haviam declarado os administradores da NASA, eles “não poderiam viver”. A lua-de-mel terminara. Diante da austeridade, a NASA telegrafou aos seus empreiteiros que suspendessem novas contratações de pessoal, cancelou muitas de suas espaçonaves Ranger de sondagem lunar, suspendeu a série de vôos de ensaio tripulados do Saturno I, para componentes do Apolo, e abandonou os planos de um foguete equipado com motor nuclear. Enquanto todos êstes mutáveis ventos financeiros sopravam, o trabalho de fabricação e adaptação dos componentes do Projeto Apolo prosseguia em ritmo frenético. Já em

fevereiro e março de 1960, um grupo sob a direção do jovem Robert Piland, do Grupo-Tarefa do Espaço da NASA, em Langley, ideara uma espécie de espaçonave tripulada inteiramente nova, para atender ao então corrente programa Mercúrio. Tratava-se simplesmente da proposta de um laboratório-espaçonave multitripulado, que poderia ser colocado em órbita ao redor da Terra para fazer pesquisas científicas sobre a imponderabilidade, o vácuo e a radiação espacial. Um dia, alguém imaginou, tal cápsula-laboratório poderia talvez ser adaptada para voar até as vizinhanças da Lua com o fito de reconhecimento, mas certamente ninguém propôs que lá pousasse. As diretrizes desse laboratório imaginário foram pormenorizadamente planejadas para o administrador da NASA, Keith Glennan, em abril de 1960, pelo inventivo Maxime Faget, do Grupo-Tarefa do Espaço. O esquema de Piland e Faget representava positivamente um avanço sobre a espaçonave Mercúrio, então em construção. Demandava uma cápsula que pudesse manter três homens em ambiente “familiar”, para uma missão de catorze dias em órbita. Três homens seriam o número mínimo necessário para estações operadas pelo homem, garantindo um ciclo adequado de trabalho-descanso por longos períodos. A cápsula deve, com segurança, trazer esses homens, de volta de uma trajetória ao espaço profundo, para pouso em terra ou água. Deve ser capaz de efetuar pequenos desvios em seu curso de voo, e deve conter suficiente equipamento de computação e navegação, de modo que o comando primário possa estar a bordo e não em terra.

Chamada, em código, *Apolo* sem nenhuma razão específica, esta idéia foi retirada dos arquivos na primavera de 1961 e desempoeirada para servir de ponto de partida ao projeto dos componentes lunares.

Em suas diretrizes, Faget instituiu também o conceito básico de “bloco de construção” do *Apolo*. A espaçonave consistiria de um conjunto de diversos “módulos”, cada qual com uma função exclusiva e sendo rejeitável após tê-la executado. Tal procedimento diminuía as inexoráveis generalidades impostas pela gravidade atirando fora carga quando esta não fôsse mais necessária. Além disso, possibilitava que a espaçonave fôsse feita sob medida para cada tipo de missão. Finalmente, o esquema do bloco de construção oferecia a possibilidade de foguetes relativamente pequenos poderem ser usados para colocar os módulos em órbita, separadamente. Uma vez lá, estes podiam ser montados — desde que, naturalmente, as outras dificuldades de tal técnica proposta, de “encontro orbital”, fôssem superadas.

Os módulos ideados para o laboratório Apolo originário de Faget incluíam: (1) um pequeno módulo de “comando” ou “reentrada”, contendo equipamento de navegação e controle, e sendo o único protegido contra as fricções térmicas da reentrada na atmosfera terrestre; (2) um módulo de “missão”, que forneceria espaço vital adicional e que poderia ser equipado para trabalho de pesquisa de diferentes naturezas; e (3) um módulo de “propulsão” ou “serviço”, não habitado, que conteria os artigos para a manutenção de vida a longo termo, tais como oxigênio, água, aparelho gerador de energia elétrica, bem como diversos tipos de energia de propulsão para movimentar o Apolo pelo espaço depois de ele ter sido pôsto em órbita por propulsores a foguete.

Agindo de modo desapressado, o Grupo-Tarefa do Espaço, numa reunião em agosto de 1960, informara a indústria dêsse conceito do Apolo. O GTE frisou que o Apolo não tinha caráter oficial. Então, em dezembro, como o interêsse de algumas altas autoridades nas possibilidades de uma expedição lunar estava apenas começando, o GTE autorizou três contratos de estudo para obtenção de idéias preliminares para o laboratório orbital do Apolo. As companhias que ganharam êsses contratos foram a General Electric, a Martin e a Convair. Enquanto isso, o GTE, juntamente com os vários laboratórios da NASA, conduzia seus próprios estudos.

Porém, ao mesmo tempo em que os três empreiteiros entregaram os resultados de seus estudos preliminares, a missão de pouso lunar estava sendo iniciada pelo Presidente Kennedy. Nenhum dos empreiteiros dera qualquer atenção à mais difícil de tôdas as façanhas — o efetivo pouso na Lua. Tampouco o elemento de urgência de Kennedy fôra um fator nos cálculos.

Todos os estudos, por exemplo, sugeriram que o módulo de reentrada incorporasse um avultado teor de “sustentação” aerodinâmica; isto é, deveria ter uma forma tal, e estar equipado com tais controles, que seria levantado pelo fluxo de ar de alta velocidade que por êle passasse durante sua reentrada na atmosfera, do mesmo modo como uma aeronave obtém sustentação com suas asas. Poderia usar essa sustentação para “voar”, ou melhor, planar, sob seu próprio comando, em vez de cair verticalmente para a Terra, como o faz a cápsula Mercúrio. Isto não só daria à nave alguma capacidade para escolher um campo de aterrisagem, como também poderia reduzir o aquecimento de reentrada e as tensões da desaceleração sôbre a tripulação, de vez que a cápsula desceria na atmosfera de modo mais gradual. Mas os engenheiros

calculadores da NASA viam-se confrontados pelo prazo estabelecido por Kennedy, bem como pelas velocidades muitíssimo maiores e pelas quantidades de calor que um veículo regressando da Lua teria ao reentrar na atmosfera — velocidade e calor muito maiores do que os que um simples veículo em órbita teria. Concluíram que seria tècnicamente arriscado tentar dar muita capacidade de “sustentação” a um Apolo de exploração lunar durante o tempo de que dispunham.

Nem veículos nem modelos haviam sido jamais testados à velocidade de 25 000 milhas por hora envolvida, sequer em túneis aerodinâmicos, visto que, naquela época, não existiam túneis que pudessem atingir tais velocidades. A NASA receava que sòmente um modelo muito compacto e de formato arredondado, como o Mercúrio, poderia resistir ao aquecimento e ser ao mesmo tempo suficientemente leve. Materiais para construção de asas ou superfícies de comando mais refinadas não tinham sido ainda desenvolvidos, ou eram tão pesados que foguetes bastante grandes para elevá-los teriam de ser muito grandes mesmo. Além disso, levaria òbviamente muito mais tempo para construir um veículo de sustentação mais “requintado” do que outro mais simples. Dessa maneira, confrontada com a atemorizante perspectiva de ter de colocar tòda a nave na Lua, e fazê-lo ràpidamente, o Grupo-Tarefa do Espaço rejeitou quaisquer idéias de aventureirismo tècnico que pudesse ter, e voltou a um plano mais conservador que preparara havia muito. A decisão desgostou muita gente competente não só da NASA como alheia a ela. Tais pessoas sentiam que era necessário mais arròjo, a espécie de arròjo demonstrada pelos construtores dos primeiros mísseis intercontinentais e foguetes submarinos Polaris, que haviam tocado para a frente e iniciado seus projetos embora ninguém soubesse como fazê-los funcionar.

O modelo básico do Apolo do Grupo-Tarefa do Espaço tinha um módulo de comando ou reentrada que copiava de perto o feitio básico de cone da espaçonave Mercúrio, feitio já provado não só em milhares de horas de teste em túnel aerodinâmico, mas também em reentradas verdadeiras na atmosfera terrestre — tòdas, sem dúvida, a velocidades de sòmente dois terços daquelas que o Apolo atingiria. Êste cone expõe a ampla superfície de sua face inferior à rajada violentamente quente, a fim de aumentar a resistência do veículo ao ar, ajudando a diminuir-lhe a velocidade da descida. Dispersa, também, o calor numa área muito mais extensa, impedindo-o de concentrar-se num só ponto, como ocorreria numa cápsula pontiaguda.

A traseira cônica é protegida parcialmente do calor pela base blindada. Além disso, montado de ponta para cima no topo do foguete Saturno a ser lançado, ele dá contorno aerodinâmico à ponta do foguete, para o voo ascensional através da atmosfera. A simetria cônica propicia outrossim um feitio mais robusto, mais compacto, para seu peso e volume, do que a maioria dos outros feitios.

Ademais, diferentemente da cápsula Mercúrio, o Apolo tem uma certa dose de sustentação aerodinâmica, inerente à sua geometria protozoária, sustentação que o auxiliará a alcançar sua área de aterrissagem na Terra. Obtém essa sustentação mercê de um centro de gravidade ligeiramente deslocado, que força sua larga blindagem térmica a permanecer inclinada para cima, em ângulo, durante a reentrada. O fluxo de ar, atingindo a blindagem, faz com que a nave salte para a frente, mais ou menos como uma pedra sobre a água.*

Com a reorganização da missão do Apolo, de um sossegado laboratório de pesquisa científica para o principal contendor da América do Norte numa corrida à Lua, a NASA rejeitou também a idéia de um módulo de missão e de seu laboratório espacial adicional — luxo desnecessário, para o qual empuxo de foguete não podia ser agora fornecido.

A agência aproveitou as boas idéias que pôde dos estudos preliminares das três companhias, incorporou-as num projeto seu, ao qual estava afeiçãoada, e apresentou o calhamaço completo, que pesava quase 120 quilos, como diretriz sugerida, a mil e duzentos membros de dezessete firmas industriais, num sumário confidencial da indústria, de três dias, em começos de julho de

* Não muita sustentação está envolvida, contudo, e ela somente é efetiva a velocidades muito altas. Os engenheiros medem a capacidade de sustentação comparando-a com o retardamento ou resistência de ar que a nave está experimentando ao mesmo tempo — a “relação sustentação-retardamento”. No Apolo, tal relação é de 0,5, sendo 5 a relação típica em aviões de alta velocidade. O Mercúrio tinha praticamente zero. Não obstante, com usar devidamente essa pequena capacidade de sustentação, o cone do Apolo pode variar a distância que percorrerá sobre a Terra em cerca de 7 500 milhas após sua reentrada na atmosfera. Trata-se porém, de assunto crítico e precário, a exigir que as resoluções sejam tomadas oportuna e acertadamente. Todo aquele que já tentou fazer uma pedra ricochetear na superfície da água sabe que é difícil fazer com que a pedra afunde no ponto desejado.

1961. Após as indústrias terem-no esquadrinhado meticulosamente durante três semanas, a NASA dirigiu-se novamente a elas, solicitando ofertas para a construção dos módulos de comando e propulsão, que eram considerados elementos essenciais, não importando qual o método utilizado para fazê-los pousar na Lua, pois esse grande problema estava ainda no ar e assim iria permanecer longo tempo.

Vieram cinco propostas em resposta à solicitação, elaboradas por companhias ou grupos de companhias. A North American Aviation e a Companhia Martin concorreram separadamente; a General Dynamics aliou-se à Avco; a General Electric juntou-se com a Douglas, a Grumman e os Laboratórios de Tecnologia Espacial; e a McDonnell Aircraft, com a Lockheed, a Hughes e a Divisão de Astronáutica Vought da Ling-Temco-Vought. Quando as propostas começaram a chegar, nos primeiros dias de outubro, algumas delas perfaziam duas mil e trezentas páginas.

Reunindo êstes cinco pesados calhamaços, cento e noventa e dois funcionários da NASA e do Departamento da Defesa se enclausuraram no último andar do Hotel Chamberlin, em Fortress Monroe, na Virgínia. Durante três semanas, avaliaram e examinaram meticulosamente as propostas. Procuravam avaliar, também, cada uma das companhias, em termos de capacidade geral, experiência, estrutura administrativa, e o efeito de um contrato daquela magnitude sobre outros trabalhos em curso, para o governo.

Em dezembro, estava tudo organizado. A Divisão de Sistemas de Informações e Espaço da North American Aviation, em Downey, Califórnia, perto de Los Angeles, ganhara o contrato para construir dois veículos Apolo totalmente equipados, mais várias versões para ensaio. O valor inicial estipulado na proposta da North American Aviation era de 368 milhões de dólares, o maior contrato que a NASA jamais autorizara. Supunha-se que representasse o custo do desenvolvimento do Apolo, mais emolumento fixo de cerca de seis por cento. A complexidade crescente da cápsula e as tarefas dela exigidas elevariam o valor final do contrato da North American Aviation para aproximadamente um bilhão de dólares em agosto de 1963, e para cerca de quinhentos milhões a mais, depois daquela data.

Grande parte desse dinheiro destinar-se-ia aos subempreiteiros da North American Aviation. A Divisão de Radioplanos da Northrop planejava e construiria o sistema de recuperação; a Divisão de Pesquisa Aérea da Garrett Corporation, o sistema de controle do ambiente; a Minneapolis-Honeywell, o sistema de

contrôle de vôo; a Collins Radio, o equipamento de comunicações; a Avco, a blindagem térmica; a Marquardt, os motores de controle de reação para o módulo de serviço; a Rocketdyne, os controles de reação para o módulo de comando; a Aerojet, o motor principal para o módulo de serviço; a Lockheed, o foguete de escape.

A própria NASA contratou com o laboratório de Instrumentos do Instituto de Tecnologia de Massachusetts o trabalho de planejar e construir qualquer tipo de sistema de navegação de que o Apolo fôsse precisar. O Instituto de Tecnologia de Massachusetts escolheu como subempreiteiros, a A.C. Sparkplug, para construir a plataforma inercial e montar e provar o sistema todo; a Raytheon, para construir o computador, e a Koosman para construir o sextante espacial.

A administração, o pessoal, e uma fôlha de serviços de engenharia aeronáutica de absoluta competência foram as habilitações que deram o contrato à Divisão S & I da North American Aviation. Ao decidir-se a concorrer ao Apolo, a divisão resolvera omitir o virtuosismo técnico. Procurou simplesmente reunir, sob teto, os melhores dirigentes e uma pequena equipe dos melhores engenheiros em que pudesse deitar mãos. A NASA, que a essa altura estava bem escarmentada por uma série de passadas crises de administração técnica, procurava tão-sòmente alguém que pudesse construir uma máquina que funcionasse, e que a pudesse construir no prazo. A North American Aviation construira mais aeroplanos do que qualquer outra companhia no mundo. Alguns dêsses aviões estavam a apenas um passo de serem verdadeiros veículos espaciais. Os três aviões de pesquisas X-15 da NAA, por exemplo, estavam quase que diàriamente nos céus próximos da Base da Fôrça Aérea de Edwards, estabelecendo recordes de altitude e de velocidade, elevando-se a alturas quase que de satélites e suportando aquecimentos de reentrada quase que de espaçonaves. O avião protótipo RS-70, de aço inoxidável, da NAA, estava sendo concluído num hangar de Fullerton, na Califórnia. Capaz de viajar a velocidade três vêzes superior à do som, era considerado praticamente o máximo em aeronaves militares tripuladas, embora sua futura utilidade final suscitasse ainda dúvidas. Um pouco antes, a Divisão S & I da North American obtivera um contrato de 300 milhões de dólares para construir o poderoso foguete da segunda fase para o transportador lunar do Apolo. Tal foguete iria usar motores a hidrogênio líquido, que estavam sendo produzidos por outra divisão da North American, a Rocketdyne. A Rocketdyne forneceria também quase

que todos os outros principais motores a combustível líquido a serem usados no vôo do Apolo.

O ambiente na fábrica da North American em Downey, desde o tempo da concessão do Apolo, estava extremamente carregado. As luzes permaneciam acesas, noite adentro, enquanto os engenheiros e dirigentes movimentavam a complexa máquina humana que produziria a complexa máquina espacial, numa base de quase programa de urgência. O número total de empregados da corporação ultrapassou o ápice de 93 000, alcançado durante a Segunda Guerra Mundial. Em pouco tempo, a NAA tinha 3 300 engenheiros cuidando unicamente do Apolo. Mesmo as secretárias, ao andar pelos corredores da fábrica, mostravam certa elasticidade no passo e certo ardor ao falar do Apolo. "Por aqui, estão todos inspirados. Querem somente que o trabalho avance, e não acreditam que o tempo das fadas tenha terminado", comentava o presidente da divisão, Harrison Storms. O próprio Storms era algo assim como o elfo-chefe dessa singular dedicação. Possuidor de rígida disciplina, "Stormy" e seu diretor do Projeto Apolo, John Paup, mantinham à tóda o ritmo de trabalho, fazendo do tempo e da Lua inimigos pessoais da North American Aviation.

"Nós todos, por aqui, teremos de crescer uma polegada ou então deitar e permitir que nos atirem lama ao rosto", disse Stormy, que era também um velho engenheiro aeronáutico. "O sêgrêdo dêste negócio está em a gente andar sempre um pouco temerosa de esquecer alguma coisa. Não temos ainda respostas para muitos problemas — proteção contra radiação e micrometeoritos; manutenção do equipamento em perfeito funcionamento durante várias semanas. Mas não é preciso ter tôdas as respostas, não é preciso pingar todos os *ii* nem cortar todos os *tt*; basta saber o bastante para o sucesso da missão."

Stormy irritava-se tôdas as vêzes que chegava às oito da manhã e não lograva encontrar imediatamente o diretor que procurasse. Paup, seu diretor de projeto, magro e categórico, que trabalhara anteriormente com o Comando Estratégico da Fôrça Aérea, trouxera de sua estada ali a instituição de um completo resumo diário de trabalho graças ao qual os altos dirigentes ficavam a par da evolução do projeto.

O que importava, dentro do arcabouço dessa rigidez, era o entusiasmo contagiante por aquilo que estavam todos fazendo, mesmo no caso de Paup, que voltara à North American a pedido de Stormy, para trabalhar exclusivamente no Apolo. Ele fôra,

antes, supervisor de eletrônica no RS-70; no entanto, saíra para ingressar no programa de mísseis de Sperry Sergeant, quando o RS-70 fôra postergado pelo Departamento de Defesa. Regressou ao chamado de Stormy “porque o Apolo era a coisa mais emocionante que estava sendo feita”, afirmou Paup, alpinista amador. Admitiu que muito daquilo que faziam ultrapassava o domínio da régua de cálculo do engenheiro. “A intuição parece ser coisa muito preciosa por aqui. Muitas vêzes, temos de tomar decisões cujo único atributo é o de darem aquela deliciosa sensação de atrevimento.”

O árduo projeto da nave Apolo era da responsabilidade de Charles Feltz, homem de quarenta e quatro anos de idade, que não faz parte dessa nova geração de engenheiros-cientistas que atualmente satura a indústria aeroespacial. Feltz é apenas “um velho construtor de aviões”, com o dom de fazer as coisas funcionarem. Vindo diretamente da prancheta de desenho do X-15, êste construtor de aeronaves teve de sujeitar-se ao aprendizado de novos artifícios, que tinham, até então, pertencido ao domínio exclusivo dos astrônomos e físicos — órbitas, trajetórias, características da superfície lunar, bem como condições atmosféricas singulares, nas quais nem turbulências nem tempestades de granizo seriam o problema, e sim fulgurações solares e meteoros. Os construtores de aeroplanos, Feltz, Stormy e Paup, tornaram-se então cidadãos proeminentes, juntamente com os planejadores da NASA, naquele reino de prestidigitadores cujos habitantes passavam o tempo procurando extrair de si mesmos ou de seu ambiente algum conceito da filosofia coletiva norte-americana — a questão do real valor do Homem, ou do que o risco de sua vida pode comprar em termos de tempo e dificuldades. Quaisquer que fôsem as conclusões a que chegassem tinham de ser trasladadas a algarismos nítidos de risco, calculados a partir da suposta segurança das máquinas espaciais, ou da probabilidade de alguma calamidade natural a ocorrer no espaço. Era um fetiche, reconfortante por fornecer uma base para a ação e permitir que o trabalho prosseguisse, embora muitos dos algarismos fôsem desesperançadamente baseados no surrealismo.

Que espécie de paredes seriam necessárias para proteger a tripulação da radiação e dos meteoritos? Quanto poderiam os homens fazer no sentido de governar a nave, e quanto teria de deixar-se às máquinas? Qual era o aquecimento efetivo na reentrada, vindo-se do espaço profundo, e que materiais poderiam suportá-lo? Como era a superfície de pouso na Lua? Quais seriam os efeitos da imponderabilidade prolongada sôbre as capa-

idades humanas? E da tensão? E da solidão? As respostas vinham lentamente, mas a nave tinha de ser construída rapidamente, para atender aos seus primeiros compromissos de vôo em 1965.

Os engenheiros falavam de “margens de projeto”, “filosofia de risco” e “abordagem cautelosa”. Por necessidade, usavam estimativas dos cientistas para frequências e magnitudes dos meteoros e para problemas de radiação, por exemplo — estimativas que eram pouco mais que adivinhações, das quais os próprios adivinhadores só podiam rir, impotentemente, no próprio ato de fazê-las. Os cientistas especulavam e discutiam interminavelmente acerca da natureza da Lua; todavia, suas inumeráveis dissertações, cuidadosamente argumentadas, davam aos engenheiros escassa evidência daquilo em que poderiam de fato acreditar. Estes alimentavam seus obedientes computadores com todos os algarismos que podiam obter, e os computadores devolviam resmas de cálculos, mas sem poder dizer nada sobre as suposições fundamentais. Era um tipo de trabalho que as escolas de engenharia aeronáutica não haviam mencionado, e ele clamava por regras.

Em última instância, só restava aos engenheiros adotarem a política de “deixar alguma incorreção” e procurar adiar decisões críticas até que se obtivesse mais evidência.

O programa Mercúrio deu aos engenheiros a pequena dose de conforto de saber que o Homem podia manter suas faculdades e trabalhar eficientemente enquanto voava através do espaço, pelo menos por curto prazo. O Mercúrio provou também o conceito de reentrada de corpo obtuso, propiciou os primórdios de uma rede de rastreio, forneceu alguns astronautas treinados. Fora isso, pouco mais forneceu. O Mercúrio tinha tanta semelhança com o Apolo quanto os primeiros passos cambaleantes de um bebê com as atividades de um competidor de pentatlo. Até este ponto os engenheiros sabiam: que o Apolo tinha de executar várias manobras, e ser capaz de mudar seu curso no espaço. O Mercúrio podia fazer somente um desvio de sua órbita circular fixada, e isso para regressar à Terra. Tal manobra ocorria num tempo computado em terra e com magnitude incorporada. As manobras do Apolo exigiam grande variação e precisão na cronometragem, na magnitude, e na direção. Como a maioria das manobras vitais ocorria a milhares ou centenas de milhares de milhas da Terra, era provável que tivessem de ser computadas e dirigidas pelos próprios astronautas a bordo da espaçonave.

Por isso, os engenheiros o sabiam, haveria repetida e crítica dependência do sistema de propulsão da nave. Um total de setenta e um motores a foguete, separados, teria de ser convocado para cada voo, alguns para a propulsão principal, outros para o controle de direção, outros para a separação de fases. Os engenheiros sabiam, além disso, que muitos componentes teriam de trabalhar seguramente por muito mais tempo do que tinham jamais trabalhado.

A partir dessas exigências óbvias, a NASA e a North American estavam capacitadas a inferir onde seus problemas iriam localizar-se. Um dos problemas seria a segurança, e a tal respeito a experiência dos técnicos norte-americanos em foguetes, até aquela altura, não tinha sido encorajadora. Seus foguetes mais seguros e comprovados fracassavam trágicamente em cerca de dez por cento das vezes, ao passo que os novos eram bem sucedidos apenas de duas a quatro vezes, nos dez primeiros disparos. Mesmo nos lançamentos relativamente simples do Mercúrio, uma série enlouquecedora de falhas de pequenos dispositivos levava cada um dos astronautas à beira do desastre. Para realizar uma viagem à Lua com risco aceitável, seria mister segurança de natureza total. As diretrizes exigiam que fôsem de nove em dez a probabilidade de êxito da missão lunar; todavia a favor da sobrevivência do astronauta, independentemente do êxito, teria de haver 999 probabilidades em mil.

Para se aproximar de tal segurança, os engenheiros só podiam resolver-se a torná-la uma consideração básica do projeto — tão básica quanto a exigência de que a cápsula transportasse três homens. Com isto em mente, poderiam principiar a projetar em redundância, isto é, ideando tantos meios alternativos de desempenhar a mesma função quantos fôsem necessários no caso de um ou mais métodos falharem. Poderiam também tentar projetar a máquina simplesmente.

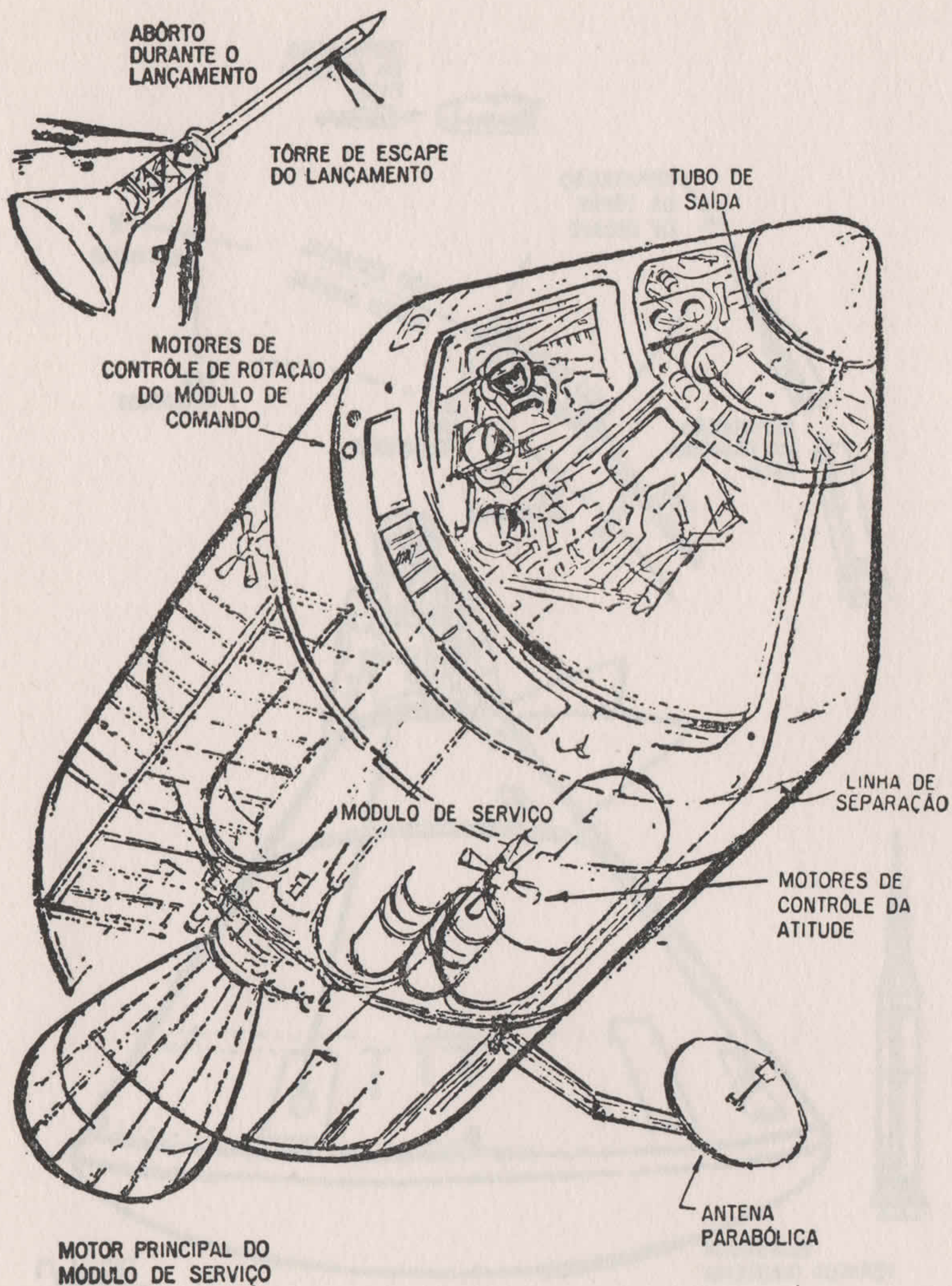
Em segundo lugar, poderiam considerar como uma responsabilidade sagrada a qualidade dos materiais e dos dispositivos. Poderiam usar unicamente componentes bem comprovados, com longos registros de funcionamento perfeito. Poderiam, outrossim, punir rigorosamente qualquer empreiteiro cujos produtos se constatasse serem de qualidade inferior, mediante redução ou recusa de contratos ulteriores. Um regime de testes severos iria cedo começar, a principiar com os Apolos de “chapas de caldeira” (literalmente, cápsulas feitas de chapas de caldeira), disparados em trajetórias parabólicas, no topo dos foguetes especiais, a combustível sólido, “Little Joe II”, em White Sands, no Novo

México, para ensaiar a potência de escape do foguete a combustível sólido.

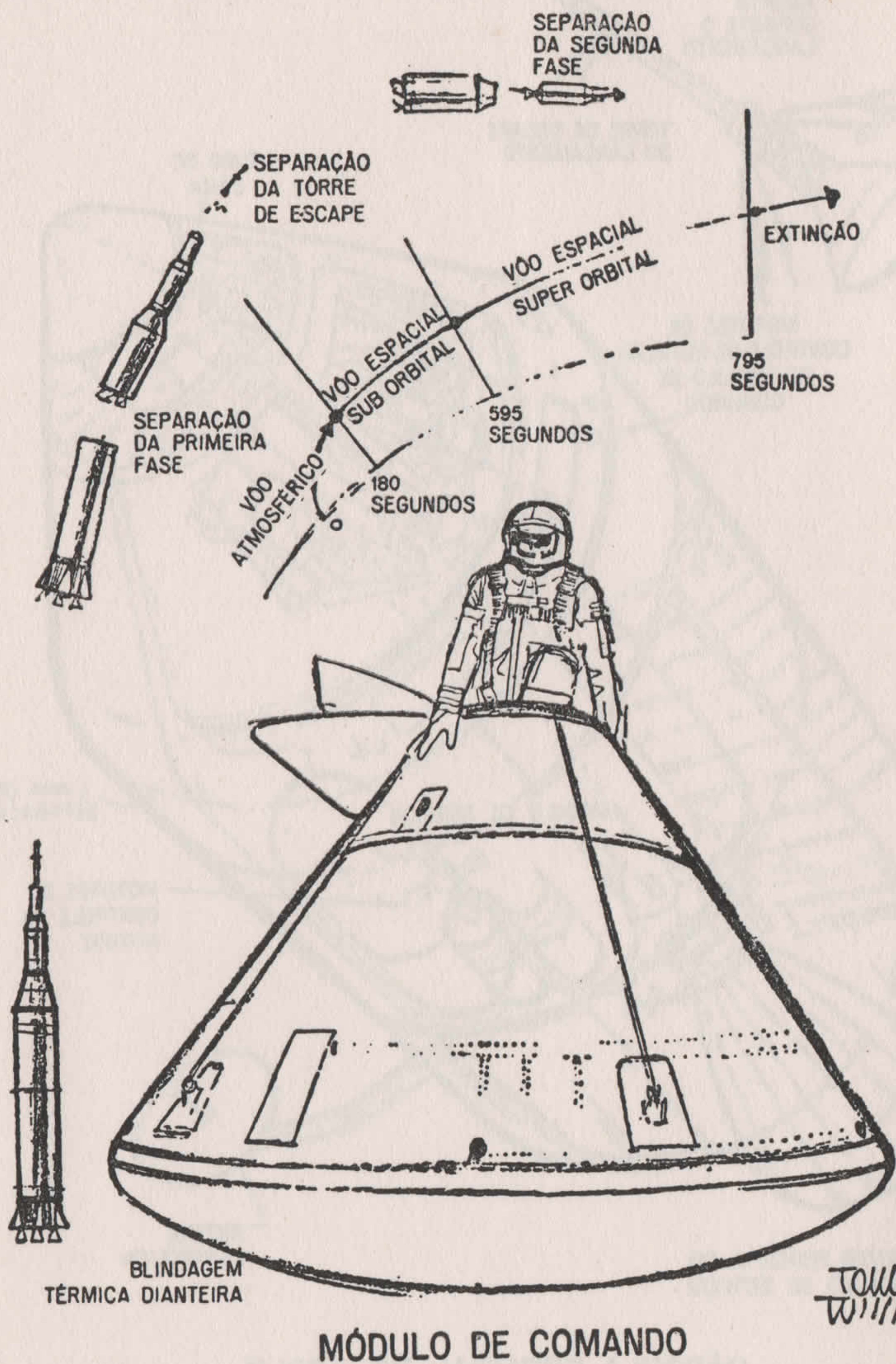
Em terceiro lugar, poderiam tentar utilizar a comprovada fidedignidade da tripulação humana para ajudar a fazer a máquina funcionar — para ajudá-la a voar tão longe quanto possível, e a consertar o equipamento defeituoso durante o vôo.

Outra dificuldade que os engenheiros aprenderam a prever foi a do acréscimo de peso que quase toda espaçonave sofria entre o momento em que deixava as pranchetas de desenho preliminar e o momento em que realizava suas missões de vôo. Isso surgia em decorrência de problemas que não eram previstos, ou devido a equipamento que tinha de ser acrescentado. Em casos clássicos como o do abortado satélite de comunicações Advent, do Exército, o acréscimo de peso impedira que a máquina chegasse sequer a deixar o solo.

Finalmente, os engenheiros sabiam que deviam determinar precisamente qual seria a missão e como seria executada, muito antes de construir sua máquina. Saber isso era vital para construir exatamente as instalações terrestres necessárias a fazê-la funcionar. Ademais, dava-lhes a oportunidade de executar uma série de operações progressivamente mais difíceis, a fim de experimentar seu equipamento e ganhar experiência para modificar os componentes, o programa de treinamento, as técnicas de vôo, ou as instalações terrestres, para uma missão posterior.



CÁPSULA ESPACIAL DO APOLO



CAPÍTULO IV

A NAVE

O VEÍCULO montado que transporta os três homens é a máquina mais complexa e poderosa para que a mão do Homem jamais se voltou. Construída com grandes despesas e dificuldades, e aparelhada com todo o gênero de engrenagens e artifícios engenhosos, propicia aos três eleitos da nação uma matriz e um mundo artificiais. Alimenta, aquece, orienta e presumivelmente protege seus ocupantes durante o pior que um universo totalmente estranho possa desfechar contra eles.

Embora, sob seu exterior primitivo, se constitua no veículo mais complicado e mais caro do mundo, o Apolo não é uma máquina pela qual alguém pudesse provavelmente apaixonar-se, a não ser um pai ou um astronauta. Não há curvas sutis, e existem poucos aprimoramentos de função. Sua rude simetria e sua ponta obtusa jamais arrancariam suspiros de admiração de engenheiros visitantes, como o faria uma aeronave de vôo atmosférico do tipo do RS-70. O feitio da cápsula tripulada Apolo existe para uma tarefa: devolver seus passageiros à Terra tão rápida e seguramente quanto possível, sem calciná-los e permanecer dentro dos limites de peso impostos pelos foguetes que os Estados Unidos puderem construir e fazer voar com segurança razoável, por volta de 1967.

Os três astronautas permanecerão deitados num compartimento de lados internos inclinados, que terminam num teto baixo. O compartimento abrange 365 pés cúbicos de espaço — cerca de duas vezes o volume do automóvel da família. Porém, dêste espaço, cerca de 145 pés cúbicos estão totalmente abarrotados de equipamento, de modo que o interior permite deitar-se de corpo inteiro, com encôsto reclinável para a cabeça, num único lugar, e pouco mais. O compartimento é o recipiente de pressão da nave. Hermeticamente fechado, encerra-lhe a atmosfera respirável.

Inicialmente, o plano tinha sido de fornecer aos astronautas uma atmosfera de dois gases, com metade de nitrogênio e metade de oxigênio — duas vezes a proporção de oxigênio encontrado ao nível do mar — para compensar o fato de que ela seria distribuída aos astronautas à pressão de somente sete libras por polegada quadrada, ou seja, a metade da pressão ao nível do mar. Então, para simplificar o sistema mantenedor de vida do Apolo e reduzir a proporção de vazamento de gás, os engenheiros decidiram fornecer aos astronautas uma atmosfera de oxigênio puro, à pressão de cinco libras por polegada quadrada — a mesma que o Mercúrio tinha. A decisão era supostamente baseada na evidência científica de que o oxigênio puro não prejudicaria a tripulação, porém, quando a notícia da troca para oxigênio puro chegou até os pajés espaciais da nação alheios à NASA, uma grita de puro horror se levantou. Evidentemente, provas de longa duração de respiração de oxigênio puro, haviam dado aos experimentadores carradas de razões para se preocuparem com seus efeitos. Alegava-se que causava anemia, dificuldades visuais, efeitos urinários, e a possibilidade de colapso pulmonar sob o efeito de cargas de gravidade. Associado a isto, estava o comprovado perigo de incêndio do oxigênio puro. Narravam-se acidentes de homens que, vivendo em atmosferas de oxigênio puro, viam repentinamente suas mãos envoltas em labaredas quando tentavam apagar um pequeno fogo casual — e viam, em seguida, suas roupas pegar fogo quando batiam as mãos em chama contra elas. Parecia que o oxigênio empapava os objetos nêle imersos, baixando-lhes a temperatura de ignição e tornando impossível extinguir as chamas. A despeito de tais protestos, a NASA teimosamente adotou o ponto de vista de que a missão do Apolo, de duas semanas, no máximo, de duração, era breve demais para que se apresentassem as dificuldades fisiológicas de respirar oxigênio puro. Ensaaios realizados pela Força Aérea, posteriormente, pareciam comprovar êste ponto de vista.

A maior parte da maquinaria do módulo de comando do Apolo está no interior do recipiente de pressão, onde pode ser alcançada para consertos. Ao redor das paredes, existem painéis rotulados que ocultam alimentos, água, ou pequenas e bem acabadas gavetas de encaixe, contendo circuitos eletrônicos, que podem ser prontamente retirados, consertados ou substituídos por sobressalentes. As baterias elétricas de zinco e prata, e outras partes pesadas, tal como a maquinaria de manutenção da atmosfera, estão instaladas na base do cone, no lado mais próximo dos pés dos astronautas, tornando o cone inteiro mais pesado dêsse lado.

Na parede inclinada, próximas das cabeças dos homens, existem três portinholas, a maior das quais encaixada na escotilha principal de entrada, ao centro. Duas portinholas menores, nos lados da cápsula, perfazem o total de cinco janelas. No centro do teto está a passagem cilíndrica que os astronautas podem usar para deixar a cápsula pressionada. O tubo é suficientemente grande para conter uma escada e um homem vestido em trajes espaciais, com uma mochila de manutenção de vida às costas.

Na parede oposta ao astronauta do meio, existe um pequeno lavatório dobradiço, *toilette*, e uma instalação para eliminação de detritos especialmente projetada para ausência de gravidade. Um consolo de alimentação, constando de uma área de armazenagem para alimentos integrais, além de tubos flexíveis de diversos alimentos desidratados e congelados e de um injetor de água quente para reconstituí-los, está localizado na parede oposta ao astronauta da esquerda.

Os assentos dos astronautas, chamados "cadeiras de barbeiro", são de formato anatômico e forrados com várias polegadas de um material alveolado, que se achata sob carga pesada. Ademais os assentos estão suspensos de montantes para absorção de choques. Tudo isto ajudará amortecer o choque quando a cápsula baixar para seu rude pouso na terra ou no oceano. Os dispositivos amortecedores substituem o saco de aterrissagem da cápsula Mercúrio. Os encostos das cadeiras se reclinam em diversas posições a fim de orientar adequadamente os tripulantes para as diferentes tensões da aceleração.

Muitas das importantes alavancas e botões de controle, tal como o controlador de atitudes tri-axial do piloto, estão nos braços das cadeiras, de modo que os homens não terão de estirar o peso todo de seus braços contra a violenta aceleração, ou as forças de gravidade.

A "cadeira de barbeiro" do meio pode ser retirada de sua posição, esticada, e a seguir reinstalada contra uma parede sob o assento esquerdo, onde se torna cama para o membro da tripulação de folga, durante o voo. Então, ela possui uma rede elástica sob a qual o astronauta se introduz, de maneira que, em condições de imponderabilidade, pode dormir sem derivar para fora da cama.

Entre os itens existentes no "módulo de comando" cônico que contém os homens, figuram água potável, alimentos, trajes espaciais, material de leitura, algumas garrafas de oxigênio a alta pressão, instrumentos científicos, mais de meia dúzia de rádios, duas câmaras de televisão, equipamento e medicamentos de pri-

meios socorros, ferramentas para consertos e equipamento de testes em vôo, o equipamento de orientação inercial e um computador para usos gerais, um telescópio e um sextante, além de combustível para os pequenos foguetes que dão à nave atitude adequada durante a reentrada. Dobrados dentro do espaço vazio ao redor do tópo da passagem cilíndrica fora do recipiente pressionado, mas dentro do casco externo, estão os três principais pára-quadras de velas aneladas, de oitenta e seis pés cada, da nave; pára-quadras — piloto; os pára-quadras redutores de velocidade, de abertura antecipada; e diversos apetrechos de salvamento, tais como bombas *sofar*, marcadores de corante, jangadas salva-vidas, e bóias-farol.

Por fora do recipiente de pressão e do equipamento de recuperação está o revestimento principal e blindagem térmica do módulo de comando. A blindagem térmica tem cêrca de uma polegada e meia de espessura na superfície inferior, levemente convexa, do cone, superfície que defronta os gases crestadores de seis mil graus de temperatura, durante a reentrada da cápsula na atmosfera terrestre, e é ligeiramente mais espessa em certo ponto da fuselagem traseira cônica. Diferentemente da cápsula Mercúrio, a blindagem térmica deve ser aplicada ao redor de tóda a fuselagem traseira, variando de espessura conforme a localização. Tódas estas couraças térmicas consistem, principalmente, de camadas espessas de “carvão consumptível”, um plástico de resina fenólica ligado a fibras de vidro, que se consome — funde-se e se vaporiza das superfícies — levando o calor consigo ao fazê-lo. Incinera-se ao mesmo tempo, para formar uma camada isolante contra o calor que flui para dentro da cápsula.

Debaixo desta blindagem térmica, estão as camadas, presumivelmente não-consumíveis, do casco principal do Apolo. Êste consiste de duas finas chapas de aço, com uma camada de meia polegada de aço inoxidável alveolado no meio. Tal sanduíche, um nôvo gênero de construção criado para a recente era do jato, propicia a mesma resistênciade de uma chapa de aço maciça de meia polegada de espessura com apenas uma fração de seu pêso. Serve também como excelente “amortecedor de meteoritos”. Os meteoritos, ao penetrar o casco externo, são geralmente reduzidos a pó pelo impacto. Durante o tempo em que se desloca entre os dois cascos, o pó se espalha e dissemina sua fôrça sôbre uma área maior do casco interno, sem penetrá-lo, ao que se espera. Porém, se a massa *penetrar* o casco interno, será ainda mais pulverizada e dispersada antes de atingir as camadas internas — duas polegadas de isolamento e o recipiente principal de pressão

que é um sanduíche de chapas de alumínio e alvéolos, com uma polegada de espessura. Os Laboratórios Ames, da NASA, descobriram que amortecedores de meteoritos desta espécie são mais eficientes, para deter meteoritos, do que chapas maciças dez ou mais vezes mais pesadas.

A cápsula toda é encimada por uma torre de escape ejetável, de trinta e dois pés de altura, que contém um potente motor de foguete a combustível sólido, construído pela Lockheed. O foguete tem quatro bocais, que apontam para baixo e ligeiramente para fora, para os lados. Da mesma maneira que o sistema de foguetes de escape, similar, dos vôos do Mercúrio, seu cilindro se ergue no caso de desarranjos internos no melindroso foguete propulsor principal durante as etapas preliminares do lançamento de terra. Terminais elétricos sensíveis que, como nervos, se aprofundam pelo interior do foguete, podem detectar sinais de aviso de uma explosão iminente, tal como a de pressões perigosas desenvolvidas nos motores. Transmitem os sinais de alarma aos astronautas, e poderão inclusive disparar, automaticamente, o foguete de escape. Este foguete tem potência suficiente para elevar o módulo de comando, de cinco toneladas, a quatro mil pés de altura do local de arranque, ou enquanto ascende na atmosfera inferior. Outro foguete pequeno, no topo da torre, dispara simultaneamente, para dar um impulso lateral à cápsula em evasão. Depois de ter-se livrado da área perigosa do propulsor, a cápsula desdobrará seus três pára-quedas principais e descera. Num lançamento normal, a torre de escape é ejetada do módulo de comando logo após a separação da segunda fase.

Este “módulo de comando” versátil assenta, como uma concha cônica de sorvete, no topo do “módulo de propulsão”, de 25 toneladas, chamado também “módulo de serviço”. Este é um simples cilindro, de 15 pés de comprimento e 154 polegadas de diâmetro — a mesma largura do módulo de comando. Os dois módulos são ligados por cavilhas explosivas, que podem ser detonadas por um impulso elétrico, para separar a nave quando fôr chegado o momento. A função do módulo de propulsão é alojar todos os componentes e motores-foguetes, que não sejam absolutamente necessários ao módulo de comando durante a reentrada na aterrissagem de regresso.

Seu ocupante mais importante é o motor principal de propulsão a foguete, com rearranque, que sobressai do fundo. Com uma potência de empuxo de 22 000 libras, este motor de utilidade geral é empregado para fazer correções de meio-curso durante o vôo de ida e volta à Lua, para “baixar” o veículo numa

órbita circular ao redor da Lua e, a seguir, elevá-lo novamente e fazê-lo regressar à Terra. Ele consome combustíveis “hipergólicos” — dois líquidos (oxidante e propulsor) que se ignizam espontaneamente quando se misturam.

Um dos lados do módulo de propulsão terá uma abertura para permitir que uma antena parabolóide grande, de comunicações com o espaço profundo, se desdobre e se oriente automaticamente para a Terra. Algumas das outras paredes externas do módulo se constituem em “radiadores espaciais” para dispersar o calor gerado na espaçonave pelos sistemas humano, elétrico e mecânico ali contidos. Os radiadores são guarnecidos de tubos finos, através dos quais é bombeado etilenoglicol líquido, que traz o calor do interior dos dois módulos para essa superfície externa. A despeito da ausência de temperatura, no sentido habitual, no espaço exterior, a falta de ar para absorver o excesso de calor dos sistemas geradores de eletricidade faz com que seja um problema grave a descarga térmica.

Ao redor dos flancos do módulo de propulsão, no centro comum de gravidade dos dois módulos conjugados, serão assentados os pequenos foguetes de controle de atitude, também a combustíveis hipergólicos, que permitem à nave guinar, arfar e voltear, desviar-se ligeiramente para os lados, para cima, e para baixo, durante o voo, auxiliando dessarte o encontro e outras manobras, tal como a de orientação conveniente para navegação.

As três compactas células de combustível hidrogênio-oxigênio, juntamente com seus tanques esféricos de oxigênio e hidrogênio líquidos hiper-resfriados, estão instalados perto do topo do módulo de propulsão. Fornecem a energia elétrica total da nave até aproximadamente as últimas cinco horas antes da reentrada, quando o módulo de propulsão é rejeitado. As células de combustível fabricam também parte do suprimento de água potável dos astronautas, como subproduto da reação química que lhes produz a eletricidade. O suprimento de oxigênio respeitável, durante o voo principal, é mantido também no módulo de serviço.

Em sua viagem a um ambiente adverso, êsse pequeno espório de ponta cônica — o Apolo — será arremessado ao meio de campos planetários pelos impulsos espasmódicos de cerca de cinquenta e nove motores a foguete. Ele se propõe a dar início à façanha mais audaciosa do homem até agora — a conquista de uma pequena parte do sistema solar. Sua principal qualidade é, de fato, a audácia. Porque, a despeito de sua complexidade e de seu objetivo ambicioso, é uma máquina deploravelmente primitiva para a tarefa que lhe cabe.

CAPÍTULO V

O BESOURO

MUITAS VÊZES, as idéias de engenharia têm a marca de seu lugar de origem.

A morada originária do programa espacial tripulado da América é um mundo estranho, de refinada ciência, de permeio com serena funilaria e invenção de engenharia de sucata.

Os laboratórios se instalaram no aeródromo de Langley, cons-de movimentar-se lentamente. A fala que lá predomina tem uma suavidade indistinta, pois muitos dos pesquisadores ali chegaram há vinte, trinta, quarenta anos atrás, e o sotaque da Virgínia oriental de há muito predomina. Os laboratórios começaram suas atividades em Hampton, na Virgínia, em 1916, como braço direito da Comissão Nacional Consultiva para a Aeronáutica (NACA). A finalidade da NACA era “superintender e orientar o estudo científico dos problemas de vôo, com vistas à sua solução prática”.

Os laboratórios se instalaram no aeródromo de Langley, construíram seu primeiro túnel aerodinâmico em 1918, e começaram a trabalhar tão afincadamente que os formatos de asas e aerofólios que desenvolveram e ensaiaram tornaram-se padrões para o mundo inteiro. Durante a Segunda Guerra Mundial até mesmo os aviões de guerra dos meticolosos alemães tinham aerofólios de asas rotulados com o prefixo da NACA. Dos laboratórios desconjuntados surgem ainda modelos de aviões criados em túneis aerodinâmicos — criações luzidamente esculturais, de beleza arrebatadora e surrealística. Não obstante todo o rumor da “revolução espacial”, a revolução começara, para os homens de Langley, com o avião. Embora apaixonado ainda pelo vôo em

tôdas as suas modalidades, Langley ultrapassara os primeiros e ardentes enlevos do amor, dos dias do biplano, quando um foguete era algo que tinha um estopim. Atualmente, seu trabalho nas inestéticas máquinas espaciais é realizado com o amor sereno de um velho casamento. As pessoas ainda se riem de Langley e dizem que lá se usam sapatos com botões de pérola.

A maioria das criações de Langley tem uma certa direitura e fácil simplicidade, que fazem o empreiteiro aeroespacial comum estremecer de pesar pela falta de complicações. A austeridade dos dias do biplano moldou de tal maneira as afinidades dos de Langley que êles se deleitam resolvendo os problemas de Astronáutica com pedaços de madeira, arame, inventividade, um motor aproveitado de um míssil antiaéreo obsoleto, e um pedaço de um velho visor de bombardeio. Com globos de brinquedo e barbante, um ou dois projetores de *slides*, alguns espelhos, um enfeite de árvore de Natal, uma velha carlinga de avião, e uma cúpula de radar aproveitada, êles improvisam um universo, repleto dos majestosos movimentos dos céus. Dentro dêle, põem a girar um veículo espacial e, dentro dêste, colocam, a debater-se, um homem.

Gente de aeronáutica com filosofia de aeronáutica são também estudiosos dos homens. São diferentes dos da NASA e todos os outros engenheiros de sistemas espaciais, a maioria dos quais se desenvolveu no mundo fulgurante dos mísseis da Fôrça Aérea, e acredita mais na capacidade dos cérebros automáticos para trazer os homens de volta, do que na capacidade dos próprios homens. Os que ainda são e os que já foram dos Laboratórios Langley têm mais conhecimento dos, e mais confiança nos talentos de sêres humanos bem treinados do que em todos os contrôles automáticos do mundo.

Destarte, Langley tem sido o ponto focal do conceito do Homem como piloto. Muitos dos membros do Grupo-Tarefa do Espaço inicial eram de Langley: houve porém, eventualmente, uma infusão de outros elementos no GTE, que tinham dúvidas acêrca do Homem. Até mesmo muitos dos de Langley acabaram censurando-se por duvidar de sua própria fé no Homem e por complicar demasiadamente o programa Mercúrio com contrôles automáticos que amiúde não funcionavam.

Já em 1958, alguns dos cientistas de Langley se haviam interessado por pousos tripulados na Lua e nos planêtas. Tinham-se dividido em equipes para trabalhar nos problemas. Uma das primeiras equipes investigou o encontro orbital — técnica na qual as cargas úteis seriam colocadas em órbita peça por peça,

e, em seguida, montadas ou reabastecidas e lançadas além, rumo à Lua ou aos planetas. Tais idéias tinham sido apresentadas havia anos, especialmente pelos alemães, que idealizaram estações espaciais, para fins militares, durante a Segunda Guerra Mundial. Estas mesmas idéias foram trazidas para a América por Krafft Ehrlicke e, em particular, por Wernher von Braun, cujos artigos na revista *Collier*, por volta de 1952, sobre estações espaciais e pousos na Lua, muito fizeram no orientar o pensamento da América para o espaço.

Porém, estações espaciais e coisas que tais significavam encontro e o encontro tornar-se-ia tema de controvérsia. Para os especialistas aeronáuticos de Langley, parecia algo bastante simples: colocariam um homem no veículo, arremessá-lo-iam ao espaço, numa órbita razoavelmente boa, e ele dirigiria seu veículo ao encontro de qualquer coisa com que quisesse encontrar-se. Havia dificuldades, certamente: as quantidades de combustível impunham certos limites no quão livremente o homem poderia desviar órbitas para atingir seus propósitos, mas isso era considerado inibitivo, não proibitivo.

Por outro lado, alguns pesquisadores alheios a Langley consideravam o encontro um bicho-papão. Achavam que o encontro não era para mortais; que todo o complicado maquinismo da mecânica celeste, associado à limitada percepção do Homem no espaço, tornariam a coisa toda demasiadamente complexa para ser realizada. Mesmo a Fôrça Aérea parecia esquecer que a cada hora, em algum lugar do mundo, um de seus próprios aviões de caça de alta velocidade estava-se dirigindo, de nariz erguido, para um reservatório aéreo de combustível e engatando-se nêle em meio a turbulências e correntes de ar das hélices do avião-tanque, que não existiriam no espaço. Aos de Langley isso parecia ser uma tarefa muito mais difícil do que o encontro no espaço.

Os industriais de eletrônica sentiam-se felizes em dizer a qualquer um que se dispusesse a ouvir que o encontro poderia ser possível, mas teria de realizar-se inteiramente, de comêço a fim, por meio de eletrônica. A idéia de um encontro "a olho", sem eletrônica, era risível, afirmavam. A impressão geral parecia ser a de que, ao deixar as vizinhanças da Terra, o Homem perderia, por alguma razão, suas aptidões para executar operações complexas e tornar-se-ia um papalvo. É seguro afirmar-se que, bastante paradoxalmente, poucos dêsses cétricos teriam confiado suas vidas a um avião de passageiros pilotado exclusivamente por contrôles automáticos.

Os estudos de Langley sôbre o encontro ficaram a cargo de um grupo sob a direção do Dr. John C. Houbolt, chefe da divisão de Mecânica teórica. Jovem, mas grisalho; um cientista, mas pouco ponderado fora de seu laboratório, Houbolt é um dêsses homens ardentes cujas idéias inflamaram o programa espacial da América, mas que encontram dificuldade em fazerem-se ouvir.

O grupo de Houbolt se limitou, a princípio, a provar a praticabilidade do encontro, o que fêz teòricamente, e, a seguir, com o auxílio de simuladores — aquelas maravilhas de engenhosidade com bugigangas, que o genuíno homem de Langley tanto ama. Os estudos das críticas etapas finais ou “terminais” das manobras de encontro foram realizados, por exemplo, num simulador que se compunha de uma carlinga de avião instalada dentro de uma cúpula flexível de radar, inflada, em cujo interior era projetado um fundo astral, de tipo planetário, em movimento. Um projetor lançava a imagem de um alvo de encontro no fundo. A carlinga estava ligada, por meio de um computador, aos sistemas de projeção, de tal maneira que, movendo-se os contrôles, o alvo de encontro e os astros se deslocavam exatamente do mesmo modo em que um alvo real pareceria mover-se no espaço, levando em conta os movimentos do veículo perseguidor, o alvo, os empuxos dos diversos foguetes, e, subsequêntemente as normas ponderosas da Mecânica Celeste, que deformam todos os cursos para curvas. Era possível colocar numerosos quadros de instrumentos na carlinga do “caçador”, que diriam ao “pilôto” os vários ângulos horizontais e verticais entre êle e o alvo, sua distância dêle, a velocidade com que se aproximavam um do outro e a posição do caçador. Êstes instrumentos a seguir poderiam ser desligados, um a um, para ver qual o número mínimo necessário à realização de um encontro bem sucedido. Depois, foi feita uma porção de diferentes operações de encontro com essa maquinaria, utilizando pilotos de prova, engenheiros, e até mesmo secretárias tiradas dos escritórios, como pilotos-cobaia. Os resultados pareciam ser uma justificação adequada da fé de Langley no homem comum ameaçado pela máquina. Pilotos, engenheiros, secretárias, todos foram capazes de executar a etapa terminal do encontro usando menos de um por cento a mais de “combustível” do que o mínimo teòricamente exigido pelas leis da Física. Além disso, os pesquisadores descobriram que poderiam dispensar a maioria dos instrumentos complicados, e que o Homem podia fazer a tarefa visualmente, com apenas a ajuda de algumas simples medições de radar, que lhe disses-

sem a distância em que estava do alvo e a velocidade com que se aproximava. Se quisesse, poderia inclusive passar sem isso.

Com tais resultados em mãos, Houbolt foi convocado para gastar boa parte de seu tempo dando sumários ao pessoal da NASA acêrca da praticabilidade do encontro em órbita terrestre e de suas potencialidades.

Pois aquêle era um período em que uma desesperada ponderação de alternativas estava sendo efetuada por tôda a NASA acêrca dos métodos de chegar à Lua. Atenção especial era dada a quatro técnicas. A primeira era a chamada abordagem do “vôo direto”. Demandaria um enorme foguete — um “Nova” de doze milhões de libras de empuxo ou mais — que lançaria um veículo Apolo, montado e abastecido, diretamente às proximidades da Lua. O Apolo completo procederia então ao pouso na superfície lunar, baixando no tôpo de um grande módulo de alunissagem.

A segunda possibilidade era a de montar peças separadas do Apolo e seus foguetes depois de um encontro em órbita terrestre. Utilizar-se-iam dois foguetes Saturno V, com sete e meio milhões de libras de empuxo cada, para lançá-los de terra.

A terceira, a abordagem do “reservatório aéreo de combustível”, demandaria também dois foguetes Saturno V, em encontro em órbita terrestre, para efetuar o reabastecimento de um potente foguete de terceira fase, que poderia colocar o Apolo em sua trajetória lunar.

E, finalmente, um quarto método ao qual se estava dando alguma consideração era chamado “encontro na superfície lunar”. Neste esquema, o Apolo seria levado à superfície lunar e lá reabastecido por um reservatório de combustível alunissado separadamente.

Cada uma destas quatro alternativas apresentava vantagens e desvantagens. A rota direta implicava o demorado desenvolvimento que seria necessário para o enorme veículo de lançamento, o Nova, mas eliminava a incerteza que o até então não realizado encontro ainda representava. Num encontro em órbita terrestre, ou método EOT, parecia difícil distribuir as cargas eqüitativamente entre os dois Saturnos, a menos que se empregasse o método de “reservatório aéreo de combustível” — façanha difícil, que envolvia a transferência de oxigênio líquido a 287 graus F. negativos, na imponderabilidade do espaço intermediário. Ademais, havia o problema de disparar dois foguetes Saturno V durante os “intervalos de lançamento” — os curtos períodos em que

êles podiam ser colocados no mesmo plano orbital exato para completar o encontro. Isso tinha de ser feito antes que muito dos gases liqüefeitos se evaporasse.

E tanto no método de vôo direto quanto no de encontro em órbita terrestre, ou EOT, havia um problema enorme e fumegante, comum a ambos — os grandes motores de propulsão a combustível líquido e a fase de foguete necessários para fazer pousar o peso total dos módulos de comando e propulsão montados na Lua, e, a seguir, tirá-los de lá outra vez. O veículo que se aproximaria e pousaria na Lua iria ter, provavelmente, um peso de conjunto que ultrapassaria oitenta toneladas e alcançaria uma altura de oitenta ou mais pés — uma máquina formidável demais para três homens manobram sobre um planeta desconhecido e hostil.

O plano de encontro na superfície lunar parecia excluir-se a si próprio devido às dificuldades técnicas e ao perigo que envolvia.

Houbolt não teve dificuldade em arranjar quem lhe ouvisse a fala auspiciosa acêrca do encontro, mas entretimentos, êle começara a preconizar outra abordagem, ainda, da Lua. Pois, durante o transcorrer de sua investigação sobre o encontro, Houbolt e seus pesquisadores haviam dado com um esquema que, estavam convencidos, poderia adiantar o pouso norte-americano na Lua. Tratava-se do conceito de encontro em órbita lunar, ou EOL, como o denominaram. Teoricamente, o EOL é muito simples: por que fazer pousar a espaçonave Apolo, completa, pesada, com toda a sua blindagem térmica, foguetes e combustível para a propulsão de regresso, no sorvedouro de gravidade da superfície lunar, quando tudo quanto se deseja realmente fazer é colocar alguns homens lá? Por que não fazer descer somente um *ferry* leve, sem blindagem térmica, de uma espaçonave Apolo deixada em órbita lunar, da mesma maneira que um lanchão mandado à praia, de um navio oceânico? Depois de os homens terem feito sua exploração da Lua, o *ferry* ou “módulo de excursão lunar” poderia alçar-se ao encontro da nave principal. Poderia ser eliminado antes da saída de órbita lunar, em direção à Terra.

A vantagem básica de semelhante plano é a grande redução do peso propelido de terra, principalmente pela economia de combustível. Especificamente, a quantidade de peso que precisa ser lançada em direção à Lua, utilizando o esquema EOL (encontro em órbita lunar), é menos da metade da exigida, tanto pela abordagem do vôo direto como pela EOT (encontro em órbita

terrestre). Um único propulsor, de tamanho médio, tal como o Saturno V, poderia, por conseguinte, executar o trabalho.

Os especialistas em aeronáutica de Langley, de modo característico, eram a favor de uma configuração muito simples para o veículo *ferry*. Um grupo queria um veículo Piper Cub, não automatizado, pesando menos de três toneladas. Podia ter mesmo uma carlinga aberta, para uma abordagem ainda mais simples, de vez que os homens estariam, de qualquer modo, usando trajes espaciais para explorar a superfície lunar. Foi discutida até mesmo a hipótese de o astronauta baixar até a superfície lunar por meio de uma mochila-foguete.

No esquema de Houbolt, um único Saturno V propelia rumo à Lua um veículo conjugado, composto de um módulo de comando do Apolo, um módulo de serviço, e o módulo de excursão lunar — o MEL ou “besouro”, como veio a ser conhecido, porque tinha somente um quinto do tamanho do aterrissador lunar, nos outros esquemas, e porque tinha pernas. Ao se aproximar, este conjunto seria colocado numa órbita circular ao redor da Lua, a uma altitude de menos de cem milhas da superfície da Lua. Um ou, mais provavelmente, dois astronautas se arrastariam para dentro do besouro e se desprenderiam, deixando um homem a cuidar do módulo de comando do Apolo. Em seguida, fazendo o besouro virar de maneira tal que seus foguetes apontassem em direção oposta ao centro da Lua, poderiam transferi-lo para uma órbita elíptica, com um perilúnio* de apenas cerca de dez milhas acima da superfície lunar, e um apolúnio exterior à órbita da nave principal. Nessa condição, tanto o besouro como a nave principal teriam o mesmo período orbital: isto é, ambos circundariam a Lua com o mesmo intervalo de tempo, de modo que a nave principal pudesse vigiar o progresso da alunissagem do besouro e estar à mão para um encontro rápido, no caso de imprevisto durante qualquer etapa da descida do besouro.

A tripulação do veículo de excursão lunar poderia optar por sobrevoar a área possível de aterrissagem, para verificar se

* Isto é, o ponto em que uma órbita elíptica mais se aproxima da Lua. É tão recente o conceito de orbitar a Lua que se disputa ainda a honra de inventar para ele palavras que “peguem.” Ao fim e ao cabo, podem-se encontrar, na literatura técnica, *perlúnio*, *pericíntio*, *perilúnio*, *perselênio* e *periselênio*, a maioria das quais são mau Latim e pior Grego. O mesmo problema existiu quanto ao ponto mais distante da órbita *apolúnio*, *apselênio*, etc. O autor adotará *perilúnio* e *apolúnio*.

tudo estava em ordem. Então, na órbita seguinte, começariam a disparar os foguetes de freagem, de modo que a órbita se inclinasse mais para baixo, o bastante para interceptar a superfície lunar. À medida que fôsem deslizando em direção à área de pouso, freariam ainda mais, até que, finalmente, a menos de mil pés acima da superfície lunar comesçassem a descer quase verticalmente com auxílio dos foguetes esguichantes de sua pequena nave, completando o pouso de maneira semelhante à de um helicóptero.

Devido à lenta rotação da Lua, que demora um mês para completar-se, o local de pouso sôbre a sua superfície deslocar-se-ia lentamente por sob o plano orbital — o círculo imaginário descrito pela órbita da nave principal, que passa pelo centro da Lua. Contudo, para realizar o encontro, é necessário que a órbita do besouro, depois de êle deixar a Lua, esteja exatamente no mesmo plano da nave principal — façanha impossível sem a manobra de curvatura em S, durante a ascensão, ou mudança do plano orbital, depois de atingida a órbita. Ambas as manobras são dispendiosas, em termos de combustível, e, à medida que a mudança de plano aumente, tornam-se proibitivas.

Entretanto, se se escolhe uma órbita que circunde o equador, as mudanças de plano são reduzidas ao mínimo, desde que a mudança do local de pouso tenda a permanecer dentro do plano da nave principal. Mesmo assim, entre dois a quatro dias após o pouso, os exploradores lunares devem disparar os foguetes do *ferry* e ascender para um encontro. O besouro deve ter algum combustível adicional, reservado para a complementação dessa manobra crítica, embora a nave principal possa usar um pouco do seu combustível para ajudar a preencher o hiato se necessário. Depois de completar a manobra do encontro pelo acostamento, os dois membros da tripulação reentrariam no módulo de comando do Apolo e, juntamente com o terceiro membro, desligariam o besouro, calculariam sua trajetória rumo à Terra, e, no momento oportuno de sua órbita ao redor da Lua, detonariam os foguetes e se dirigiriam para a Terra.

Embora isto possa parecer complicado, o EOL (encontro em órbita lunar) ainda compreende menos etapas que o EOT (encontro em órbita terrestre), que tem um lançamento duplo de terra e possivelmente um encontro de reabastecimento mais complexo.

Havia outras numerosas vantagens, argumentava Houbolt. O encontro seria mais fácil porque as velocidades relativas e os erros causados pela má cronometria seriam provavelmente me-

nores no campo de menor gravidade da Lua. O projeto total custaria menos e exigiria menos tempo, de vez que o módulo de pouso lunar, de tão formidáveis dimensões, exigido pelo método de aterrissagem direta, não teria de ser construído e testado: tampouco seria necessário o desenvolvimento custoso e demorado do pesado Nova, de vôo direto, nem as apuradas instalações de lançamentos consecutivos, em Cabo Kennedy, exigidas pelo EOT (encontro em órbita terrestre). E, sobretudo, devido à sua relativa simplicidade básica, êle seria mais eficiente e seguro.

Na eventualidade de que o besouro sofresse um desastre, pelo menos um astronauta poderia regressar à Terra, a bordo da nave principal, o que significaria relativo grau de sucesso, impossível de alcançar-se se um desastre semelhante ocorresse no caso da aterrissagem direta.

O aperfeiçoamento do EOL significaria, também, que com o mesmo empuxo de propulsão, poder-se-ia alunissar uma carga útil consideravelmente maior do que com a ascensão direta ou o encontro em órbita terrestre. Usado em associação com o EOT, o EOL poderia demonstrar ser o melhor método de abastecer uma base lunar — ou de povoar uma colônia lunar.

As dificuldades de reabastecimento no espaço intermediário seriam obviadas, tanto quanto o problema de fazer pousar um veículo espacial de oitenta pés de altura e oitenta toneladas de peso numa superfície inadequada.

A par das vantagens, existiriam algumas desvantagens, também, e para muita gente — os cientistas em especial — tais desvantagens permaneceriam para sempre inaceitáveis. Por uma razão, devido à mudança do sítio de pouso, relativo ao plano orbital da nave principal, conforme a Lua gira por sob êle, o tempo de permanência do besouro na superfície lunar é curto e a área acessível ao besouro, pelo menos nas primeiras missões, será limitada às vizinhanças do equador lunar. Mais inquietante ainda era a possibilidade de que jamais fôsse possível, a um cientista de verdade, efetuar uma alunissagem com o Apolo; as dificuldades de pilotar o besouro exigiriam que ambos os tripulantes fôssem astronautas perfeitamente adestrados.

Mais importante ainda: havia possibilidades de que o encontro pudesse fracassar. Os ocupantes do besouro poderiam lá ficar eternamente abandonados, a cerca de 240 000 milhas da Terra.

Finalmente, havia a objeção de que a técnica do EOL era altamente especializada, utilizando técnicas e componentes executados sob medida exclusivamente para uma alunissagem. Qual-

quer missão aos planetas exigiria, sem dúvida, a complexa operação de reabastecer os reservatórios do foguete quando ainda em órbita terrestre. Nesse particular, o EOL pouco contribuiria, tanto no concernente aos componentes como às técnicas, exceção feita da técnica básica de encontro, que seria praticada em órbita terrestre mesmo dentro do esquema do EOL.

Houbolt e seu grupo apresentaram primeiramente as propostas do EOL aos membros mais graduados do Grupo-Tarefa do Espaço no Campo de Langley, numa tarde tempestuosa de domingo, em dezembro de 1960. Era o período anterior à posse de Kennedy, quando as propostas para tentar conseguir a aprovação de um programa lunar tripulado já estavam sendo aprimoradas. Mas ninguém do GTE ficou muito interessado.

Quatro dias mais tarde, a mesma idéia foi tentada junto ao administrador da NASA, Keith Glennan, e seus representantes e diretores, mas mesmo então não houve reação, salvo dúvida.

A partir daí à medida que o programa lunar começava a tomar impulso, Houbolt era chamado, a intervalos freqüentes, para expor suas descobertas acêrca do encontro orbital terrestre, e de outros, a cada uma das numerosas comissões que se formaram e dissolveram durante o verão e o outono de 1961, para explorar os aspectos técnicos do formidável programa de pouso lunar. Cada vez Houbolt terminava seu discurso com uma arenga veemente a favor do EOL. Mas ninguém parecia ouvir. Referências ao EOL eram omitidas da maioria dos relatórios e recomendações encaminhados aos deliberadores Supremos.

Os membros do Grupo-Tarefa do Espaço foram os primeiros a concordar com o EOL. Tornavam-se mais sensíveis aos problemas implicados no cumprimento do prazo estipulado — antes de 1970 — para alcançarem a Lua, à medida que sondavam mais profundamente as dificuldades do Apolo. Meio em desespero, lembraram-se do esquema de Houbolt sete meses depois de êle ter-lhes sido apresentado. A despeito de suas limitações evidentes, examinaram-no e puseram-se a esquadrihá-lo em seus computadores. Pouco a pouco, então, alguns dos mais acirrados adversários começaram a transformar-se em entusiásticos defensores do esquema. O chefe do Grupo-Tarefa do Espaço, Robert Gilruth, tornou-se um emissário itinerante do EOL.

Entrementes, o administrador da NASA, James Webb, e o responsável pelo programa lunar, Brainerd Holmes — ambos em Washington e por fora do assunto — anunciavam oficialmente que o encontro em órbita terrestre parecia ser o melhor palpite para pôr o dinheiro da América na corrida à Lua, com o mé-

todo do vôo direto como segundo bom palpite. Nenhuma alusão ainda ao EOL; os pesquisadores de Langley tornavam-se cada vez mais frustrados.

Finalmente, em novembro de 1961, o irrefreável Houbolt sentou-se e escreveu uma carta apaixonada, à guisa de relatório de minoria sobre o EOL, ao administrador adjunto da NASA, Dr. Robert Seamans, que a passou a Brainerd Holmes, o qual, por sua vez, a entregou ao seu recém-contratado representante, Joseph Shea, para que a examinasse detidamente como seu primeiro trabalho.

Após o Ano Novo, Shea dirigiu-se a Langley para verificar o que significava todo o barulho sobre o EOL. Ficou impressionado com o que descobriu. Mesmo Langley e o Grupo-Tarefa do Espaço, agora com a nova denominação de Centro de Espaço-naves Tripuladas, estavam de pleno acôrdo. Shea começou a apoiar enèrgicamente o esquema, e dentro de semanas Houbolt e o pessoal do Grupo-Tarefa do Espaço voltavam a Washington para apresentar a idéia, agora mais respeitável, ao Conselho de Administração do Espaço, formado por Seamans, Holmes, e diversos diretores de centros da NASA. Dessa feita, todos admitiram que o EOL parecia interessante, inclusive Wernher von Braun, que fôra, de início, seu oponente mais inflexível.

A seguir, iniciaram-se seis meses de estudo intensivo. Por todo o país foram utilizados computadores do govêrno, das indústrias e das universidades para considerar e reconsiderar os fatôres, aferindo o tempo, o custo e a segurança do esquema de Houbolt, em confronto com suas limitações e com os demais métodos de pouso. Os resultados dos estudos não foram precisos o bastante para convencer os que mais se lhe opunham, mas o EOL prometia, tentativamente, realizar a missão de modo mais econômico, rápido e seguro do que os outros contendores. Os que se opunham a êle, por causa de suas limitações científicas, ou do impasse de sua engenharia, iriam continuar na oposição. Em parte para secundar seus protestos de que o plano do EOL oferecia pouco benefício científico, entretanto, começaram a circular vagos planos no sentido de prolongar o tempo de estada do besouro na Lua até uma semana, em algumas das missões posteriores, e também no sentido de permitir que um cientista genuíno fôsse junto. O primeiro propósito podia ser realizado usando-se combustíveis mais potentes nos besouros ulteriores, ou possibilitando-lhes reabastecimento na Lua, de maneira que pudessem efetuar maiores mudanças de plano. A segunda façanha — inclusão de um cientista — poderia realizar-se simplesmente, con-

forme aumentasse a confiança na habilidade de um único piloto para efetuar com segurança o pouso lunar. Os planos de missão tripulada têm, comumente, margens adicionais de segurança, que podem ser dispensadas à medida que a experiência aumenta. Uma das margens de segurança que poderia ser dispensada, por exemplo, era a exigência de uma trajetória de “regresso livre” — trajetória planejada com o propósito de fazer a nave Apolo voltar automaticamente a uma órbita terrestre adequada, aflo-rando à atmosfera para o caso de alguma falha na propulsão, na viagem de saída da Terra. Tais trajetórias entretanto limitavam a espaçonave a órbitas ao redor da Lua quase no mesmo plano do equador lunar, e dessa maneira limitavam o besouro ao seu cinturão equatorial de exploração. Porém, se se abrisse mão dessa exigência de regresso livre e se aceitasse um tempo de estada necessariamente mais prolongado na superfície lunar, poder-se-iam planejar outras órbitas que cruzassem a Lua em qualquer ponto.

Com a evidência a seu favor, com o Centro de Espaçonaves Tripuladas de Houston decididamente a seu lado, e, inclusive com os estudos de Huntsville demonstrando que se constituía no melhor método, muito antes de ter sido anunciado parecia certo que o EOL seria o escolhido. Mas os acontecimentos se haviam desenrolado com demasiada rapidez para as vagarosas comunicações internas dos altos escalões da NASA. Até cerca de apenas duas semanas antes de ser anunciada a decisão, o próprio Webb continuava a afirmar que o encontro em órbita terrestre parecia ser a melhor escolha — criando desespêro na maior parte da NASA e suscitando brados de “Que significa isso?”

Com o monstruoso projeto lunar, de tantos milhões de dólares, colocado em ponto morto, o que isso queria dizer era que um violento conflito lavrava, despercebido, entre as facções favoráveis ao EOL e as favoráveis a outras técnicas. Inesperadamente, em junho de 1962, a North American Aviation verificou que não poderia prosseguir no planejamento e desenvolvimento da espaçonave Apolo sem que o assunto fôsse antes resolvido. O desenho do módulo de serviço, em particular, dependia disso; seria de um tamanho se fôsse escolhida a técnica de EOL, e de outro se fôsse escolhido ou o método do EOT ou o do vôo direto. Além disso, se os seus radiadores térmicos tivessem de ser alunissados, seria mister fôssem blindados contra o calor solar refletido da Lua para funcionar com eficiência. Entrementes, estudos dos próprios Laboratórios Ames da NASA que haviam surgido, pareciam demonstrar que uma missão de vôo di-

reto com o propulsor Saturno V seria possível se dois dos três itens seguintes pudessem ser atendidos: (1) diminuição do peso do módulo de comando do Apolo pela dispensa de um dos tripulantes ou do pesado equipamento de navegação e orientação ITM (Instituto de Tecnologia de Massachusetts); (2) utilização, no módulo de serviço, de combustíveis de hidrogênio ou oxigênio líquidos, de mais alta potência, em vez dos pesados combustíveis hipergólicos; ou (3) “melhoria” do propulsor do Saturno V, para que adquirisse um pouco mais de potência, por meio de pequenas alterações do projeto.

Embora favorecido pela própria North American Aviation, esse esquema do voo direto foi desfavorecido por Houston como demasiadamente arriscado. Finalmente, membros da Comissão Consultiva de Ciência do Presidente, chefiada pelo Dr. Jerome Wiesner, foram chamados à fábrica da North American, na Califórnia, para arbitrar a contenda. Eles também se inclinaram pelo esquema do voo direto de peso reduzido, com o EOT como possível reserva, contra a missão do EOL, agora apoiada por Houston como pelo departamento de Holmes. Em princípios de julho, Brainerd Holmes estava pronto para anunciar sua decisão — e ela favorecia o EOL. A 5 de julho, o esquema foi dado a conhecer ao Dr. Wiesner, e imediatamente entrou em colisão com sua comissão consultiva de Ciência. A comissão e a North American Aviation pretendiam que se estudasse mais detidamente seu esquema do voo direto de peso reduzido. Os engenheiros de Holmes retrocederam, fizeram seus computadores funcionar novamente, num fim de semana, e reexaminaram os cálculos. O trabalho suplementar em nada contribuiu para mudar a convicção de Holmes e de seus engenheiros de que o esquema do voo direto era marginal, mas também nada fez para alterar as opiniões contrárias de Wiesner e de seus cientistas.

Holmes e seu grupo sentiam-se agora libertos de toda a hesitação quanto a soluções alternativas e livres para se lançarem avante. O próprio Kennedy demonstrava fé nos engenheiros da NASA ao dizer-lhes que prosseguissem com qualquer método que considerassem o mais rápido, o mais seguro e o mais barato.

Infelizmente, as coisas não iriam ser tão simples assim. A breve escaramuça com as poderosamente situadas forças de Wiesner, a propósito do EOL, tornar-se-ia uma batalha permanente. Alguns dos cientistas partidários de Wiesner — vários deles da própria NASA — viam a ciência lunar condenada e compelida a uma façanha técnica cujo principal atributo era a conveniência.

Finalmente, a disputa irrompeu de modo espetacular num incidente ocorrido durante uma inspeção das atividades espaciais dos Estados Unidos feita por Kennedy, seus assessôres, e o Ministro britânico da Defesa, Thorneycroft. A comitiva se deteve nas gigantescas instalações para construção de foguetes, em Huntsville, onde Wernher von Braun começou a expor-lhes sucintamente o esquema do encontro em órbita lunar. Repentinamente, sobrepondo-se à arenga de von Braun, ouviu-se Wiesner comentar: "Isso não presta."

Na presença de numerosos repórteres e do embaixado Ministro britânico da Defesa, ele e von Braun começaram a repassar todos os sovados argumentos do EOL, com von Braun colocado na embaraçosa posição de ter de defender algo que, como membro do Conselho de Vôo Espacial Tripulado, de Holmes, ele de início tampouco favorecera; de fato, como foi previamente mencionado, von Braun havia sido um dos que se lhe opuseram mais violentamente, durante o mês em que o Conselho de Vôo Espacial Tripulado moeu e remoeu o problema. Ele e sua equipe de construção de foguetes de Huntsville compreenderam que, com o esquema do EOL, somente a metade de seus grandes Saturnos seria construída e o subsequente, e maior, Nova sofreria postergação. Além disso, havia muito que von Braun considerava um pouso lunar como simplesmente exercício preparatório para o avanço aos planetas. Embora o EOL pudesse certamente favorecer tais ambições, um esquema de encontro em órbita terrestre teria sido um passo inicial bem mais positivo nessa direção, de vez que seria, provavelmente, o método escolhido para um vôo planetário.

Kennedy interrompeu finalmente, com uma pilhéria, a contenda pública entre Braun e Wiesner, mas os comentários sobre o pega acarretaram atraso de várias semanas na concessão do contrato do besouro, enquanto o assunto todo era remoído uma vez mais. Agora, era a vez de os engenheiros da NASA se sentirem ofendidos. Sendo a urgência sua primeira preocupação quanto à missão lunar, eles viam suas opiniões em perigo de serem constantemente contestadas por cientistas em cargos mais elevados, cientistas que, julgavam, estavam arengando fora de sua área de competência.

No entretanto, contudo, sob a grande premência de prazo, a NASA de Holmes expediu rapidamente uma solicitação de propostas para a construção do besouro a nove companhias aeroespaciais, excluindo deliberadamente a North American e a General Electric devido a seus encargos, já excessivos, no Projeto Apolo.

As propostas deveriam ser entregues até setembro de 1962 — tempo extraordinariamente curto para um projeto de tal magnitude e complexidade. Não obstante, a maior parte das companhias, cientes de que o EOL estava no ar, fizeram sua tarefa e ficaram prontas. Como no contrato anterior da espaçonave do Apolo, a NASA comunicou suas próprias idéias, assaz rígidas, no tocante às especificações do besouro, ao mesmo tempo que manifestava disposição de considerar idéias de outros desenhistas. Como antes, a administração e o desempenho anterior das companhias eram, talvez, a ponderação decisiva da NASA, conquanto outros trabalhos do governo, em andamento, e o efeito sobre a economia do local a que fôsse dada a concessão merecessem também consideração. Em Long Island, Nova Iorque, onde duas grandes e antigas companhias de aviões estavam estabelecidas — a Grumman Aircraft Engineering Corporation e a Republic Aviation Corporation, a economia aeroespacial se estagnara. A Republic fôra recentemente atingida pelo cancelamento de encomendas ulteriores de seu avião de caça F-105 para a Força Aérea, ao passo que a Grumman estivera a claudicar vários anos, construindo alguns aviões de baixa velocidade, para fins especiais, principalmente para a Marinha. Ambas haviam sido lerdas em participar do mundo cintilante do vôo espacial, embora tivessem feito investimentos moderados em algumas instalações de pesquisa espacial e estivessem fabricando, para o governo, algumas peças, altamente especializadas, de componentes espaciais. Porém, devido à sua passada atuação proeminente na indústria aeronáutica, boa cópia de superior talento de engenharia ali se concentrava, ainda.

Não foi surpresa para muitos, pois, quando a Grumman obteve a concessão para construir o MEL (módulo de excursão lunar) ou besouro. O contrato inicial era de trezentos e oitenta e sete milhões e novecentos mil dólares. A Grumman estava particularmente indicada para a fabricação de semelhante máquina. Sua reputação fôra granjeada mercê da robusta série de pequenos e retacos aviões de caça que fabricara para a Marinha, aviões rudes o bastante para agüentar aterrissagens das mais violentas a bordo de um porta-aviões balouçante; aviões cuja eficiência raras vezes fôra posta em dúvida por milhares de pilotos da Marinha, que os haviam pilotado em vôos prolongados e solitários, por sobre um oceano hostil e monótono.

A medida que tomava forma, após meses de estudo em Washington e a contribuição de seus projetistas da Grumman, o MEL ou besouro iria ser bastante mais elaborado do que al-

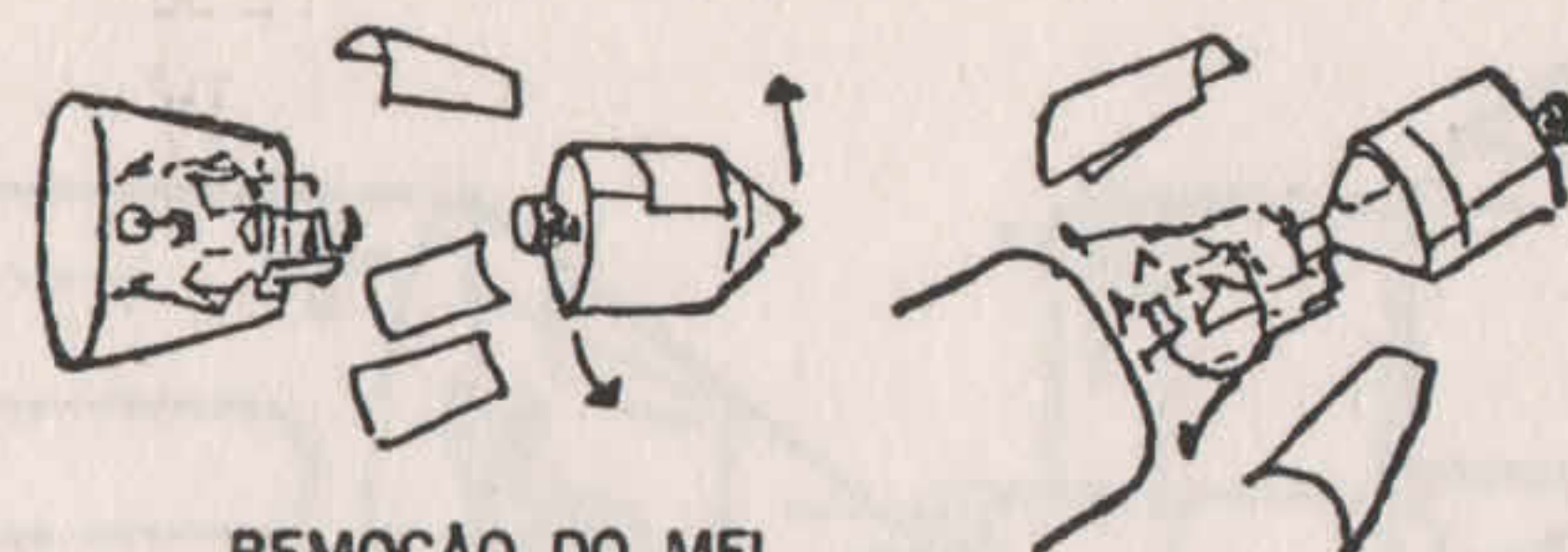
gumas das configurações de "Piper Cub" sugeridas pelo grupo de Houbolt. A robusta nave pesaria realmente mais do que o próprio módulo de comando do Apolo — doze toneladas contra cinco —, mas a maior parte deste peso se constituiria de quantidades substanciais de combustíveis para o pouso e a decolagem lunares. Tais combustíveis seriam hipergólicos armazenáveis, semelhantes aos do módulo de propulsão.

Depois de pousar, o besouro teria uma altura de vinte pés sobre as quatro pernas abertas. Estas seriam fortes o bastante para resistir a impacto equivalente a uma queda de aproximadamente cem pés na baixa gravidade da Lua. Grossos coxins de metal alveolado comprimível, localizados nas extremidades das pernas, e cilindros de alvéolos dentro dos montantes telescópicos, ajudariam a amortecer parte do choque. O tamanho certo dos "pés" de pouso teria de aguardar informações suplementares sobre a superfície lunar, se era ou não constituída de pó, e, se o fôsse, quanto peso poderia suportar. A nave foi planejada de molde a não se tornar inoperável, mesmo que afundasse até a fuselagem no pó.

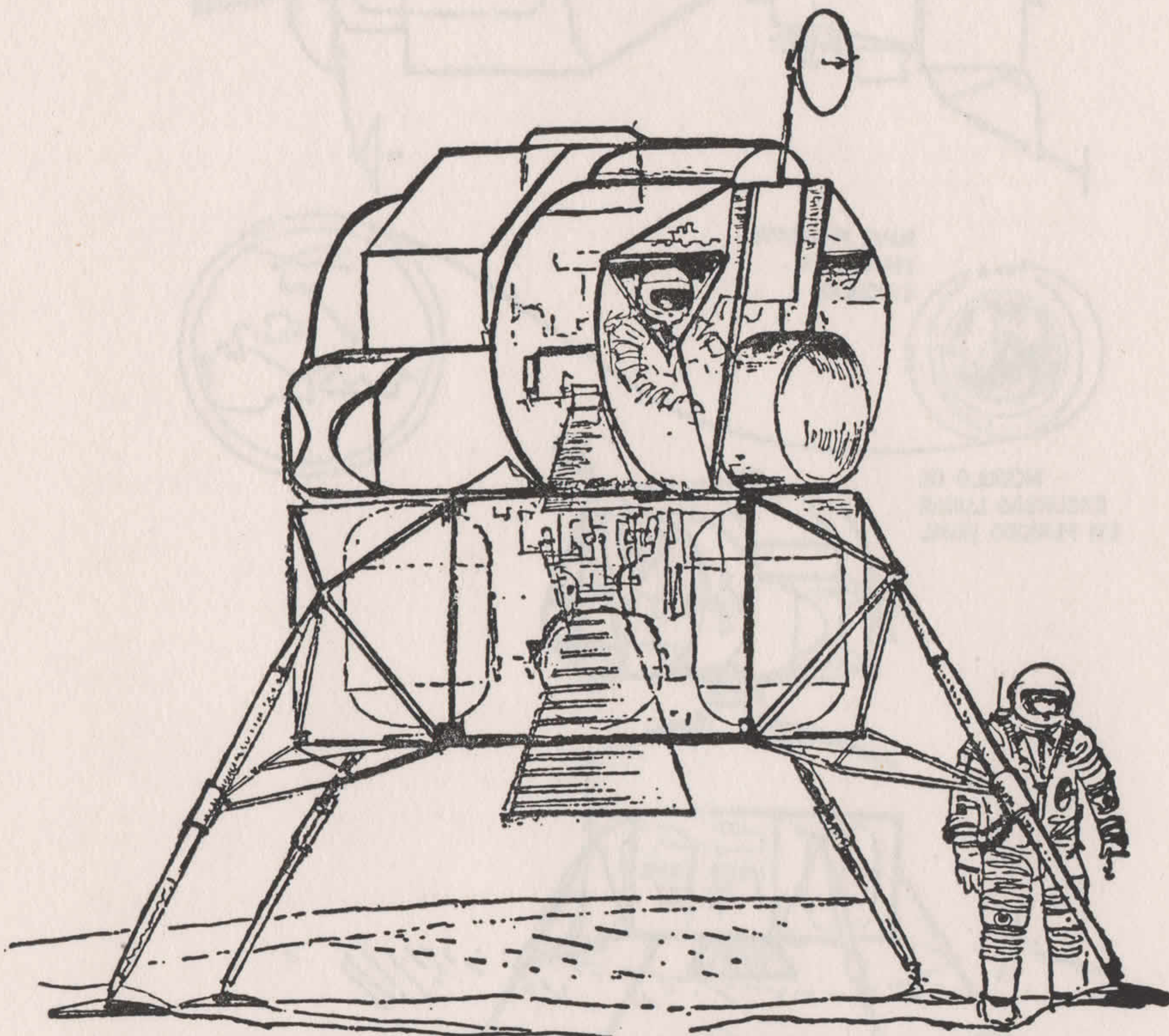
Na decolagem, o besouro deixaria para trás essas pernas, juntamente com o grande reservatório de base, que contém o motor de descida e os tanques de combustível. Isso reduziria seu peso terrestre a quatro toneladas — praticamente o mínimo para uma nave tão bem dotada.

Construído basicamente de um sanduíche de liga de alumínio alveolado, o besouro teria um casco de pressão capaz de conter uma pressão interna de cinco libras por polegada quadrada. A atmosfera da câmara seria de oxigênio puro, e, como no Mercúrio, seus ocupantes estariam o tempo todo vestidos em seus trajes espaciais; contudo, os astronautas manteriam abertas as viseiras de seus capacetes. Entre as placas de alumínio do besouro haveria muitas camadas de película *mylar* para propiciar isolamento térmica refletiva.

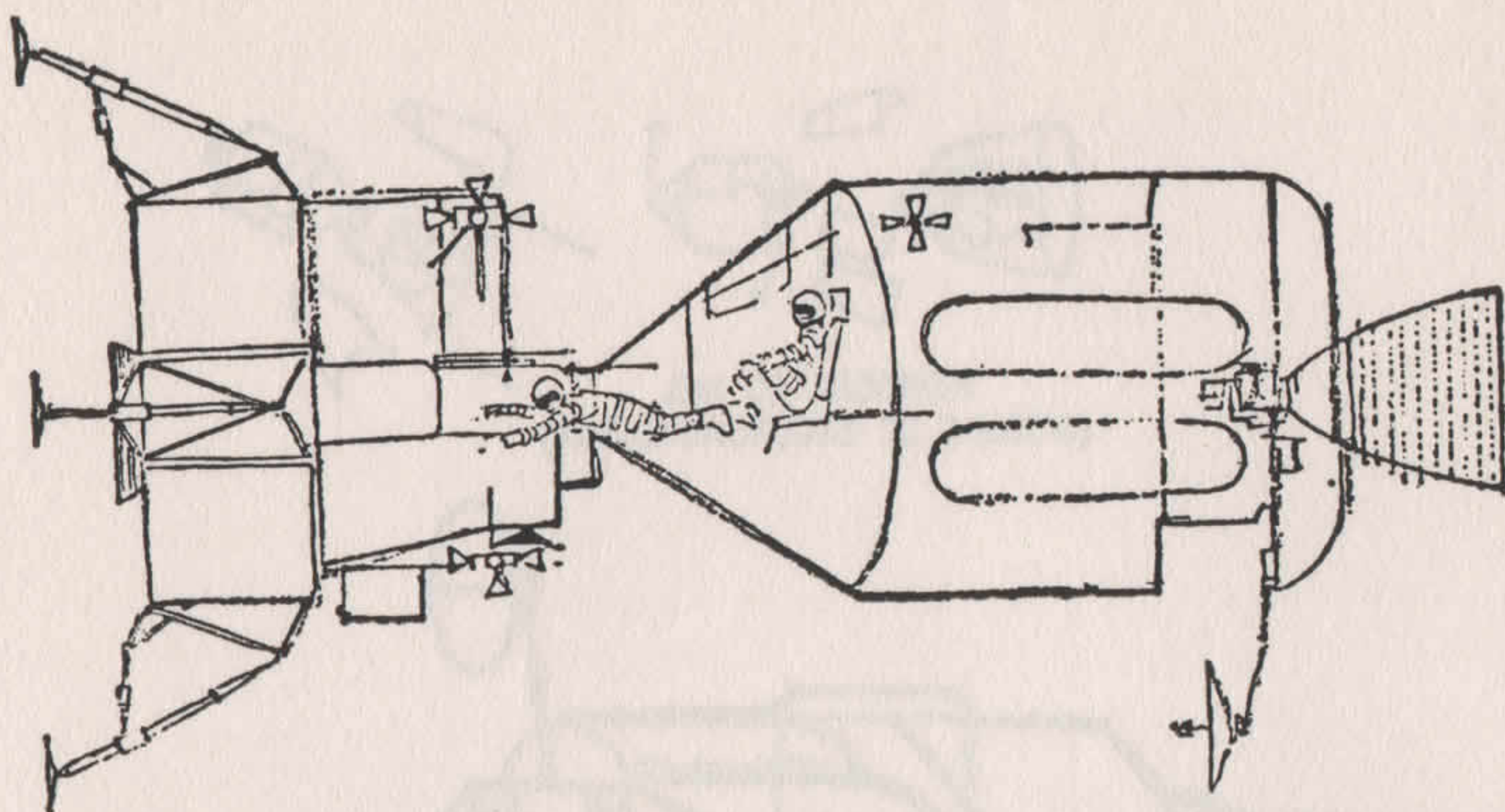
Conforme o projeto avançava na Grumman, o velho problema do acréscimo de peso se interpôs. O peso de 24 000 libras inicialmente planejado aumentara e os projetistas buscavam com afinho meios de baixá-lo. Tornara-se evidente, por exemplo, que talvez não fôsse necessário os dois tripulantes sentaram-se em assentos do tipo convencional, durante suas excursões no besouro. Em vez disso, para reduzir o peso, poderiam simplesmente ficar suspensos, em posição quase ereta, por uma espécie de arnês de pára-quedas. As gravidades mais fracas, no ambiente de operação do MEL, tornariam presumivelmente tolerável tal disposi-



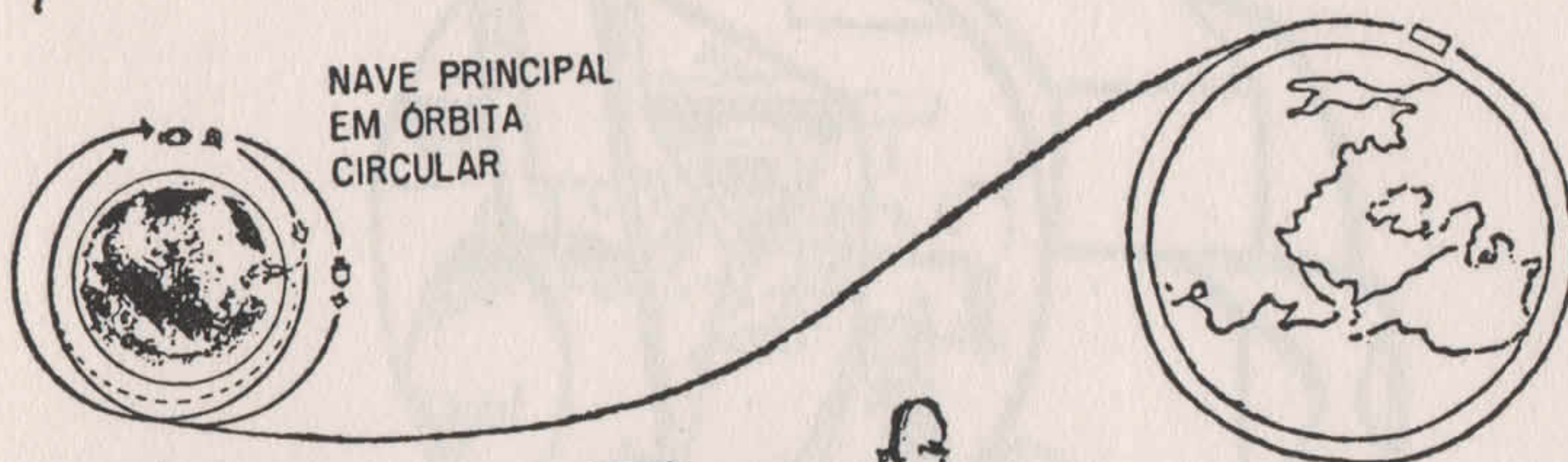
REMOÇÃO DO MEL
(MÓDULO DE EXCURSÃO LUNAR)



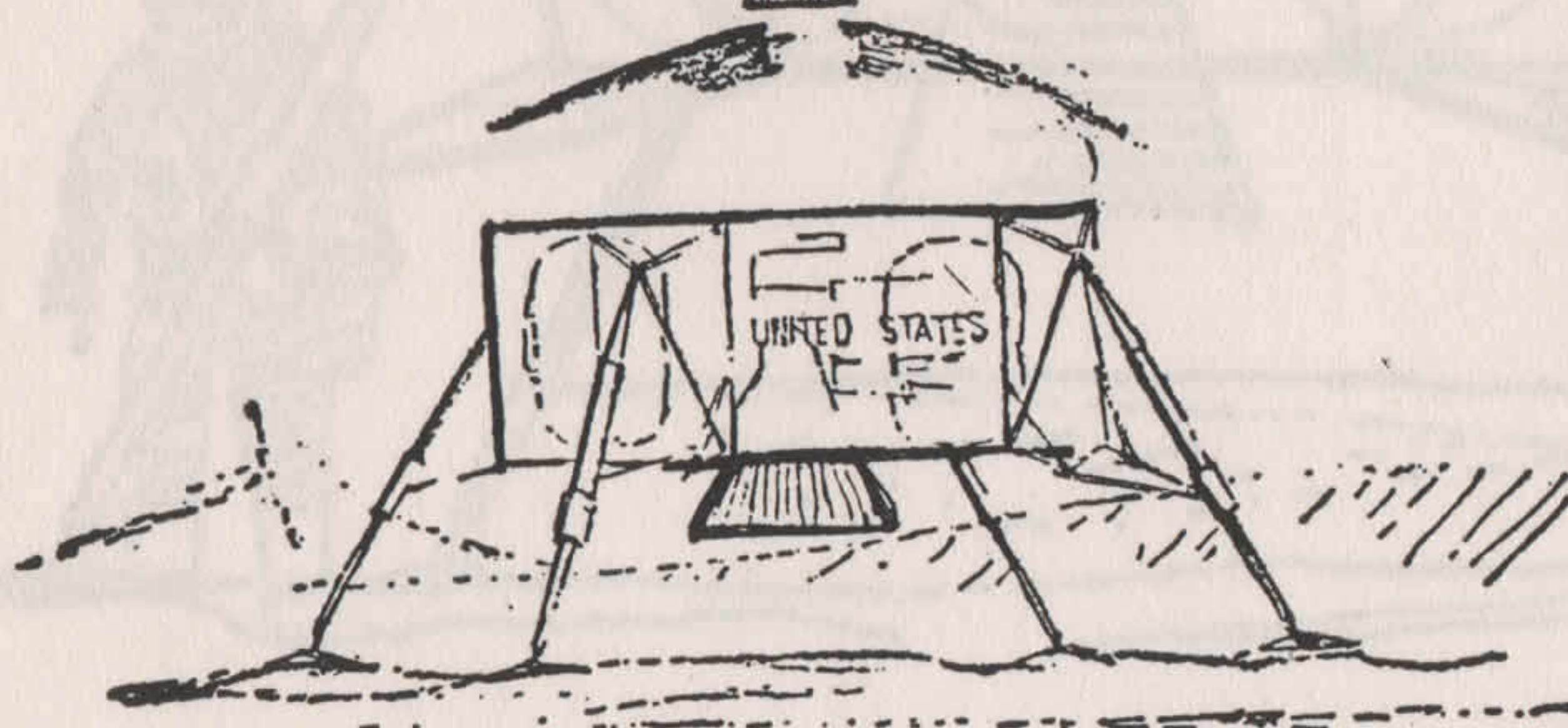
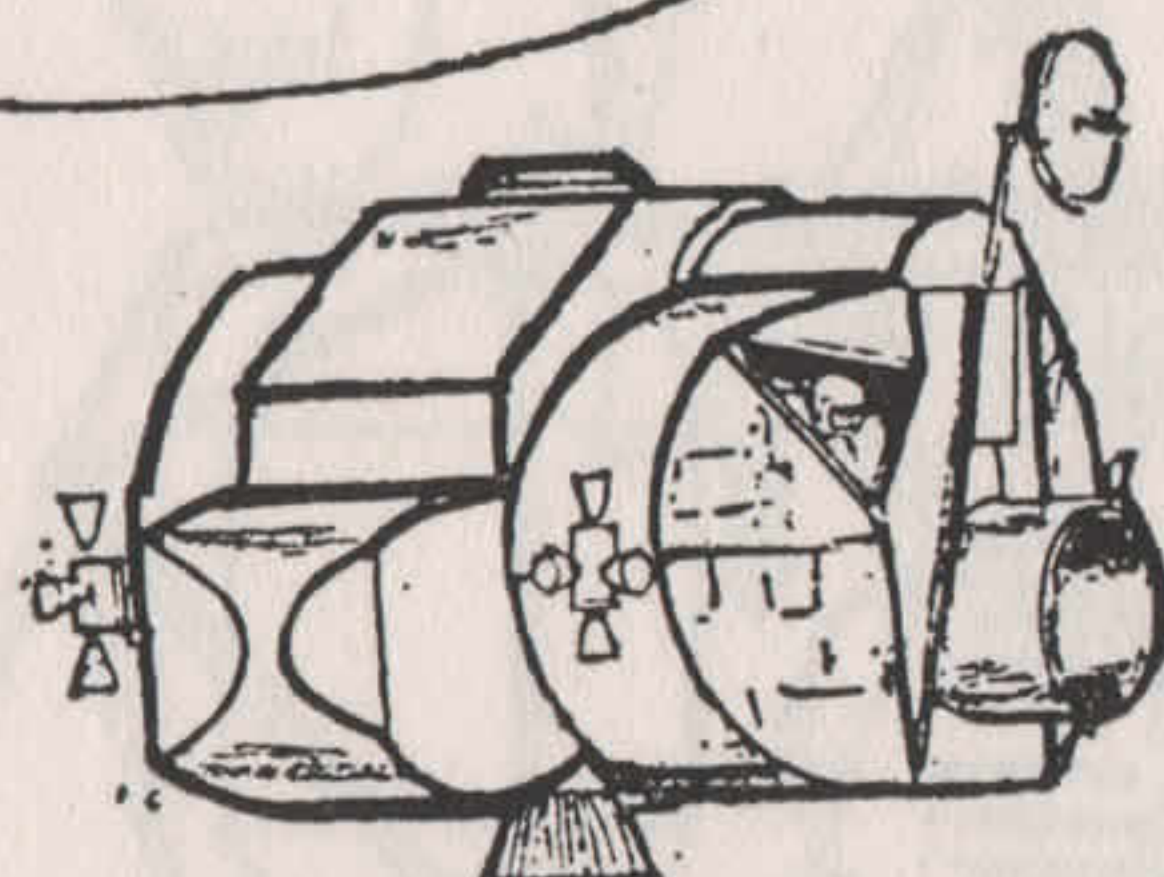
MÓDULO DE EXCURSÃO LUNAR



NAVE PRINCIPAL
EM ÓRBITA
CIRCULAR



MÓDULO DE
EXCURSÃO LUNAR
EM PERÍODO IGUAL



DECOLAGEM LUNAR

Tom
Turner.

tivo. Outros esquemas para redução do peso incluíam a redução das janelas a pequenos triângulos. Um astronauta em pé poderia, naturalmente, ficar mais próximo da janela, obtendo um campo de visão bastante amplo para realizar o pouso em meio ao pó e à fumaça.

Muitos dos componentes do MEL — empuxadores de controle de atitude, giroscópios, peças de computador, antenas, e outros dispositivos eletrônicos — seriam iguais aos da nave principal do Apolo, num empenho de economizar dinheiro e tempo de desenvolvimento, bem como de reduzir o número de peças sobressalentes e operações de que o astronauta necessitaria em vôo intermediário. A RCA obteve um subcontrato para construir os sistemas de orientação, controle, e energia elétrica do besouro.

As vidas dos dois homens que manobrariam o besouro, durante a descida e a ascensão subsequente, dependeriam literalmente dos motores a foguete que realizassem tais manobras. Estes teriam de ser, portanto, projetados como os mais eficientes motores a foguete de combustível líquido jamais construídos. Além disso, o motor de descida teria de ser de velocidade regulável: sua potência de empuxo deve ser controlável numa amplitude de 1 000 a 9 500 libras, de modo que o piloto possa baixar a nave para pouso por meio de um motor de empuxo suave, depois de usar a potência total como retrofoguete para ajudar a arrancar o besouro de sua órbita. Mas a regulação de velocidade, fácil de ser obtida num motor de automóvel, é uma coisa bem diferente num motor a foguete, onde as melhores misturas de combustíveis, a câmara de empuxo e os tamanhos de bocal são todos crucialmente diferentes para diferentes empuxos. A Divisão Rocketdyne da North American foi atribuída a incumbência de desenhar um motor de aceleração “a gás”, que usaria combustíveis hipergólicos. Em vez de ter bombas de combustível, os reservatórios de combustível do besouro seriam pressionados internamente com gás, que forçaria o combustível para a câmara de combustão do foguete. A aceleração seria alcançada pela injeção de gás hélio não inflamável, em quantidades variáveis no fluxo de combustível. Quanto mais gás fôr injetado, tanto menos combustível será queimado. Como reserva, outro tipo de motor seria desenvolvido pelos Laboratórios de Tecnologia Espacial, usando técnicas mais convencionais, de válvula, na regulação de combustível.

Para a decolagem do besouro da Lua e a manobra de encontro subsequente, a Bell Aero Systems Co., construiria outro motor a combustível hipergólico, não acelerável, com 3 000 libras

de empuxo. Como precaução, no caso de problemas imprevistos forçarem o peso do besouro a ultrapassar a capacidade do motor, a NASA realizou também estudos de projeto de um motor a hidrogênio líquido que pudesse substituir prontamente o motor a combustível hipergólico, de potência mais baixa. Possivelmente, não seria mister sacrificar demasiada segurança para obter potência extra de hidrogênio. Um motor assim poderia permitir também maiores mudanças de planos e, conseqüentemente, propiciar maior exploração lunar nas missões posteriores.

Para controle de atitude, o besouro teria quatro conjuntos de bocais de controle a reação hipergólica iguais aos do módulo de comando. Seriam montados na extremidade dos ressalto dos pilones, nos flancos da nave, a fim de manter os jatos de escape longe das paredes e janelas da nave.

O principal requisito, no besouro, era a segurança, pois, de todas as etapas da missão do Apolo, as atividades do besouro eram as mais críticas e menos passíveis de erro. Se os motores falhassem durante a descida à superfície lunar, os astronautas não teriam atmosfera para sustentar um pára-quedas, embora pudessem frustrar a queda disparando, a qualquer tempo, o motor de decolagem. Se o besouro falhasse na ignição para decolagem, estariam perdidos.

Além do mais, o besouro não poderia ser poupado para manter sua segurança. Um pouso na superfície lunar, sendo os foguetes o que são, poderia, muito possivelmente, semelhar um impacto controlado contra uma superfície constituída quicá de fendas, de uma crosta quebradiça, ou de seixos volumosos empilhados ao acaso. Por conseguinte, o besouro iria provavelmente tornar-se um dos mais robustos veículos espaciais jamais construídos. Não haveria facilidades externas para conferência ou reparos do veículo. A nave teria de estar pronta para disparar quando solicitada.

E, em obediência às demandas inexoráveis da Mecânica Celeste, seria exigida grande precisão do besouro. Ele teria de desorbitar-se em elipses exatas e executar retromanobras com perfeição absoluta. Teria de calcular trajetórias para o veículo principal em órbita e, em seguida, ajustar o empuxo e direção de seus foguetes para estabelecer uma órbita exatamente no mesmo plano do da nave principal. Deve, então, estar preparado para ser manobrado para o acostamento final.

Um esmerado equipamento de navegação inercial, um radar aferidor de distâncias, e um computador, constituiriam o equipamento-padrão do besouro. É bem possível que a descida inicial

da nave da órbita lunar seja controlada automaticamente até 1 000 pés da superfície. Daquele ponto em diante o piloto humano assumiria o comando.

Era de esperar que o besouro surgisse em pelo menos duas outras versões. Uma seria um modelo de reconhecimento, para fotografar e fazer levantamentos em órbita ao redor da Lua, com câmeras instaladas, em vez do equipamento de pouso. A outra seria o “vagão MEL” — veículo de reabastecimento lunar, consistindo unicamente de equipamento de pouso e de plataforma de caminhão com capacidade para cerca de 7 000 libras de materiais consumíveis e equipamento.

Projetado para funcionar unicamente no meio adverso do espaço, o besouro tornar-se-ia um dos mais dotados e eficientes veículos a ser construídos num programa espacial. Sua prole poderia um dia infestar os planetas. Em consonância com sua gênese langleyana, prometia ser uma máquina de reputação.

CAPÍTULO VI

OS GRANDES FOGUETES

NA ORLA dos dois oceanos, a conjura da retrocontagem caminha para o ato final de necromancia. Nada diz mais da natureza crítica de todos os lançamentos de foguetes do que as atitudes de expectativa das pessoas em serviço. Nem a decolagem de um avião experimental, nôvo em fôlha, provoca tamanha emoção, tais gritos e exortações, como as que são devidas a um veículo de lançamento, mesmo um com o enobrecimento máximo, "tripulado".

No cimo de sua tôrre de emergência pessoal, três homens estão deitados, em concentração, a respirar depressa, sentindo os minutos e os segundos passar, tentando dar-se conta da realidade. Terra e foguete começam a se libertar de linhas. Interruptores são ligados, cortando a energia terrestre e solicitando os recursos internos do foguete; conexões de combustível são desligadas; aberturas se fecham. Os segundos diminuem e a plataforma acusa a natureza nociva de sua carga alagando-se com toneladas de água aspergida. Os idióticos cérebros giroscópicos do foguete fixam-se na sua trilha singular. Em duas dúzias de estações de rastreio circundando o mundo, antenas parabólicas de rádio passeiam sua sensibilidade nervosa ao redor de pontos de recepção previstos. Por tôda parte do veículo, insistente telemetria informa acêrca do estado de saúde do foguete, das máquinas e dos homens, desenhando uma tapeçaria de múltiplos gráficos de febre no Centro de Contrôle de Lançamento.

Um computador anuncia que a Lua se deslocou para a posição prevista, que a Terra girou na proporção estabelecida, e que a ligação Terra-Lua-foguete está agora ajustada. Eis franqueada

a abertura de lançamento. Os preparativos se orientam automaticamente para seu término. Nos últimos segundos, uma centena de interruptores estalam, fogos são avivados, válvulas abrem, chamas jorram e tosem fumegantemente, depois se firmam e põem-se a funcionar. As braçadeiras de retenção fecham-se firmemente por um momento, assegurando-se de que o empuxo é vigoroso. Soltam-se, enfim, como cordões umbilicais.

O Saturno estabiliza-se e então, no tôpo de sete e meio milhões de libras de empuxo, parte para a mais difícil de tôdas as tarefas. Numa rude batalha contra a gravidade da Terra e uma atmosfera que se lhe adere aos flancos como cola, eleva-se, num impacto trovejante, para a extinção de primeira fase, dali a 150 segundos e 36 milhas de altura.

Um foguete propulsor a combustível químico é uma coisa tremenda. Erguendo-se, enorme e perigoso, numa plataforma de lançamento deserta, igniza-se e se eleva pesadamente no tôpo de uma coluna de fumo, fogo, pó, ruído e vapor, ganhando velocidade conforme perde pêsso, pela digestão e eliminação do seu próprio interior, largando pedaços de si mesmo enquanto avança e rugue. Com seu alento já no fim, quase que numa reflexão tardia, expelle uma pequena nave espacial, depois fumaceia e despenca-se no mar.

Essa sombria, estupenda, desajeitada e quase cômica obra de maquinaria é, simultâneamente, o mais complexo dos dispositivos fabricados pelo Homem e um dos mais grosseiros. Seu funcionamento confunde os melhores teóricos, porque muitas vêzes êle explode por motivos misteriosos. Os engenheiros o contemplam com o desespero gravado fundo no coração; o projeto satisfatório de um foguete contraria os desejos mais fervorosos de um bom engenheiro — esmêro, eficiência, suavidade, quietude. Constituindo-se no próprio símbolo de engenharia imprevidente elevada a alto grau, um foguete é uma máquina que consome a maior parte de seu combustível apenas para escapar do solo e mover-se, e cêrca de oitenta por cento dêsse combustível unicamente para desenvolver vinte por cento de sua velocidade. E êle mesmo se lança fora antes que ela chegue a desenvolver-se completamente.

Os propulsores são responsáveis por mais fracassos no programa espacial da América do Norte do que tôdas as outras coisas reunidas; são o único fator que decidirá quando o Homem chegará à Lua; são os itens mais dispendiosos na coleção de componentes do programa lunar; e são bichos perigosos. A missilística, tanto quanto qualquer outra coisa, resume o incrível sentido de

proporção da era do espaço, em que o *megadólar* é a menor unidade monetária e o trabalho dedicado de milhares de pessoas é arriscado, para dar como recompensa, por vezes algumas milhas de fita eletrônica instrutiva, e outras vezes nada, absolutamente nada.

A própria fabricação de novos e maiores foguetes promoveu o desenvolvimento de uma tecnologia inteiramente nova. Existem poucas máquinas-ferramenta que possam encarregar-se de muitos dos trabalhos maiores de moldagem de metal, e estas têm de ser inventadas e construídas quase que a partir do nada. Para usinar suas gigantescas primeiras fases do Saturno V, a Boeing Aircraft Co., teve a sorte de encontrar uma antiga fresa de broquear, de quarenta pés, construída pelo governo em 1918 para fabricar tôrres e hélices para vasos de guerra.

Para cumprir suas programações de vôo, a NASA gastará cerca de seis bilhões de dólares em veículos de lançamento, em confronto com talvez dois bilhões para espaçonaves.

A variedade de foguetes necessários para levar a cabo a missão do Apolo quase que esgotará o espectro da tecnologia missilística. Diferentemente do Programa Mercúrio, cuja etiquêta de preço de menos de 500 milhões de dólares não incluía os três ou quatro bilhões de dólares dos custos de desenvolvimento dos propulsores de mísseis militares que eram usados, o Projeto Apolo está etiquetado com o custo de uma família de veículos de lançamentos que suportará o peso de uma grande parte do futuro programa espacial dos Estados Unidos.

Por falta de qualquer ponto de apoio em solo resistente, água, ou atmosfera, uma nave lunar tem muitos problemas que só pode resolver com fôrça míssil. Mesmo depois de ter largado seu propulsor, só poderá manter contrôle de direção dos movimentos, ao redor de seus três eixos de guinada, revolução e cabeceio, por meio de jatos de pequenos empuxadores a foguete ou jatos de contrôle. Os recuos de potência necessários para movimentar a nave na direção para que os jatos de contrôle apontam devem ser fornecidos por rajadas de foguetes mais potentes a bordo. Alguns foguetes propiciam os delicados ajustes necessários às manobras de encontro e costeio; outros dão à nave um efeito de freagem perto da Lua, de modo que a gravidade lunar, relativamente fraca, possa atraí-la a uma órbita. Um foguete deve, então, iniciar a queda para a Lua e, por fim, vigoroso empuxo bruto de foguete deve substituir o pára-quedas, abrindo uma cratera no pó lunar enquanto desce. A missilística fornece

os diversos arranques de velocidade para abandonar a Lua, e orienta o módulo de comando para o período crítico da reentrada.

Haverá ainda pequenos foguetes para dar aos foguetes maiores uma “folga” — uma ligeira aceleração frontal logo antes da ignição durante o voo de ingresso, de forma que os de outro modo imponderáveis combustíveis sejam mantidos nos devidos lugares acima das aberturas de combustível. E após algumas fases do foguete se consumirem e separarem, pequenos foguetes as afastarão para evitar que acompanhem a carga útil.

Tôdas estas operações podem ser realizadas sòmente pela ejeção controlada de massa gasosa através de bocais, usando-se diversos propelentes e técnicas. Muitos dos motores de contrôle devem ser suscetíveis de ser desligados e ligados dúzias de vêzes a cada segundo. E a menos que a maioria dêles seja de absoluta confiança, mortes ocorrerão.

A construção de grandes foguetes tem causado sempre deliberações muito confusas e comprovações insatisfatórias de requisições orçamentárias ao Congresso. A razão é simplesmente a de que o desenvolvimento de um grande propulsor deve ordinariamente ser iniciado antes que se tenha estabelecido qualquer necessidade clara para êle. Os congressistas são avessos a autorizar o início de algo tão espantosamente caro, sem que ninguém possa sequer dizer para que é requerida. E, infelizmente, nossa tecnologia galopante, nossas exigências incipientes em assuntos de espaço fazem, muitas vêzes, com que um programa de propulsão aparentemente bem fundamentado se encaminhe para finalidade improdutiva e inútil, — geralmente depois do gasto de centenas de milhões de dólares. Conforme a imaginação espacial se ampliou, muitas das maiores e mais ambiciosas previsões de necessidades de Missilística tornaram-se inadequadas quando ainda na etapa inicial de desenvolvimento.

Poucos meses antes do Sputnik I da Rússia, uma comissão, nomeada pelo Secretário da Defesa para estudar tôdas as exigências de propulsores grandes, informou que “parece não haver necessidade previsível de quaisquer motores a foguete de empuxo maior do que o daqueles que estão sendo desenvolvidos atualmente para os Mísseis Balísticos Intercontinentais”. O presidente dessa comissão era Abe Silverstein, que, um ano mais tarde, foi nomeado chefe das Operações Espaciais da nova organização da NASA.

Outros que se opunham aos grandes propulsores, por causa da “nenhuma necessidade militar previsível”, eram o Secretário da Defesa, Charles Wilson, e Herbert York, cientista-chefe da Agência

de Projetos de Pesquisas Avançadas, e posteriormente chefe das pesquisas para o Departamento da Defesa. Tratava-se, novamente, de homens devotados, conquanto pouco perspicazes, cuidando de suas obrigações, que eram a de equipar as forças armadas. Surgiram, porém, queixas e críticas acêrca de tais medidas, oriundas de um pequeno, mas expressivo grupo do Exército. Na Agência de Mísseis Balísticos do Exército, no Arsenal de Redstone, em Alabama, Wernher von Braun e seus companheiros germânicos, juntamente com seu chefe do Exército, o General John B. Medaris, apregoavam ruidosamente a necessidade de se iniciar de imediato a construção de um grande propulsor. Tinham inclusive o propulsor em cogitação, o conceito oriundo da Agência de Projetos de Pesquisas Avançadas de Redstone, denominado Saturno C-1, que seria um grupo de oito motores H-1 a combustível líquido, já em uso nos mísseis Júpiter, Thor e Atlas. O Saturno forneceria mais de um milhão e meio de libras de empuxo. O Departamento da Defesa hesitou perante a idéia custosa do Saturno durante cêrca de dois anos, antes de concluir que não tinha necessidade de tal monstro — que era um brinquedo demasiado caro apenas para se ter à mão. Com o passar do tempo, conseguiu o Departamento livrar-se de todo o grupo importuno de von Braun transferindo-o do Exército para a NASA, onde o grupo obteve, finalmente, permissão para iniciar um desenvolvimento moroso do Saturno. Durante os dois anos assim desperdiçados, as idéias do homem-no-espço tinham sofrido postergação semelhante, surgindo afinal com o programa Mercúrio. Descritível unicamente pela palavra “marginal”, a pequena cápsula do Mercúrio teve de ser projetada para ir no tôpo do algo débil míssil Atlas, de 360 000 libras de empuxo. Seu pêso tinha de ser mantido em proporção ao de uma pestana de mosquito, ao passo que o próprio Atlas não estava bem adaptado à incumbência de transportar homens. Seu casco delgado, pressionado como um balão, para ter rigidez, não se destinava a transportar cargas da cápsula Mercúrio no seu tôpo. Seu recorde de segurança não era muito tranqüilizador tampouco.

Entrementes, os russos, com foguetes enormes e de confiança, construídos para transportar massuda e “simples” ogiva nuclear, estavam capacitados a projetar “laboratórios voadores” para propósitos gerais, nos seus pioneiros lançamentos espaciais tripulados. Era tão grande sua nave Vostok, que os homens no interior dela dispunham, segundo constava, de grandes assentos, do tipo poltrona giratória, com encôsto reclinável, retrofoguetes de combustível líquido, de longa combustão, e pequenas superfícies externas de contrôle aerodinâmico, que lhes permitiam manobrar

para locais de aterrissagem dentro de limites estreitos. Além disso, seus foguetes haviam sido demoradamente testados e o Vostok fôra tão bem provado que alguns informes asseguravam que os cosmonautas podiam entrar em suas cápsulas pouco antes do lançamento, em vez de nelas aguardar as várias horas de retrocontagem dos lançamentos norte-americanos.

Concebido num período de escassez de bons foguetes, o próprio Projeto Apolo geraria uma série de motores e veículos que, provavelmente, serão os agentes motores do programa espacial norte-americano por algum tempo no futuro. Contudo, a maior parte desses foguetes terá de ser construída desde o início. Mesmo o Saturno I, com seu milhão e meio de libras de empuxo — considerado durante muito tempo descomunal —, era pequeno demais para fazer mais que içar as cápsulas do Apolo a uma órbita terrestre, para fins de prova e treinamento, e foi finalmente eliminado da parte tripulada dos ensaios.

Por um rasgo de previdência sem precedentes, uma das primeiras decisões tomadas pela NASA após sua formação em outubro de 1958, tinha sido a de iniciar o desenvolvimento de um gigantesco motor a foguete, que seria, por si só, tão poderoso quanto os oito motores H-1, de 188 000 libras de empuxo, a serem agrupados para fazer o Saturno I. Um motor desse tipo tinha sido proposto às forças armadas, em 1955, pela Divisão Rocketdyne da North American Aviation — dois anos antes do Sputnik — porém, na ocasião, fôra considerado absurdo. Mesmo no outono de 1961, não se resolvera ainda o que seria feito com êle. Imprevisivelmente, era o primeiro passo da América do Norte para a Lua.

Imaginoso somente por causa de seu tamanho incomum, êste gigante — denominado F-1 — obedeceria ao mesmo projeto básico do H-1 da Rocketdyne, e usaria a mesma mistura combustível de oxigênio líquido e querosene. Dessa forma, o F-1 tornava-se obsoleto antes do seu início, mas, mesmo assim, levaria muito tempo a ser desenvolvido — cinco ou seis anos —, em parte devido à falta de máquinas e equipamento de provas adequados para construir semelhante aparelho, e em parte devido aos demorados programas de provas a que os motores têm de ser submetidos antes que se possam descobrir, eliminar, e “avaliar humanamente”, suas falhas sempre misteriosas. Só a câmara de combustão campaniforme do F-1 tem onze pés de comprimento, e uma coluna de chamas de treze pés de comprimento escapa-lhe da boca. Agrupados aos cinco, como o seriam para o foguete do Saturno V, êstes monstros queimam oxigênio na mesma proporção em que é consumido por 500 milhões de pessoas, e com-

bustível na do utilizado por três milhões de automóveis funcionando simultaneamente.

Mas a decisão de como usar a potência do F-1 custou a ser tomada. O problema principal, que tem assediado o desordenado programa espacial norte-americano — sujeito, que tem sido, a ventos e pressões variáveis do Congresso, do Presidente, do público e das diversas filosofias de seus próprios luminares — é o de harmonizar os requisitos de carga com os propulsores. Leva-se comumente mais tempo para construir um propulsor do que para construir a carga útil que lhe vai no tópo.

Como uma criança com uma moeda numa confeitaria, os funcionários espaciais tinham uma antecipação saborosa do seu gigantesco F-1, mas não podiam calcular quanto gastar nêle — quão grande seria o foguete a ser construído. Um nome, o de Nova, andara em cogitações havia muito tempo. Era usado para designar qualquer mítico veículo de lançamento maior do que o do Saturno C-1, ou mais especificamente, qualquer veículo que fôsse capaz de levar gente à Lua, por ascensão direta, juntamente com os meios de trazê-la de volta. Depois de considerar agrupamentos de quatro e cinco dos motores do F-1 como base para a primeira ou fase de propulsão do Nova, os estudos indicavam que nada menos de oito motores do F-1, agrupados para fornecer doze milhões de libras de empuxo, seriam necessários para executar a tarefa. Porém, essa idéia do Nova nunca ultrapassou o estágio de discussões, visto que diversas outras considerações surgiram e impediram que se fizesse o que quer que fôsse. A primeira dessas considerações foi a determinação de colocar o Homem na Lua antes de 1970, o que significava que a construção do Nova teria de fazer-se mais depressa do que a maior parte das pessoas julgava possível. Por conseguinte, ter-se-ia de idear talvez algum método de chegar à Lua que não fôsse a técnica do vôo direto pela força bruta.

Uma campanha intensiva, desencadeada pelos fabricantes nacionais de combustíveis sólidos para foguetes, tais como a Thiokol, a United Technology Corp., a Aerojet-General e a Grand Central Rocket Corp., de usar-se um grande propulsor a combustível sólido, de vinte a trinta milhões de libras de empuxo, em lugar de quaisquer agrupamentos de F-1, veio a complicar ainda mais o panorama durante a primavera de 1961. Um foguete sólido consiste principalmente de um estôjo cilíndrico de qualquer tamanho recheado com uma mistura combustível elástica, com um orifício que a atravessa pelo meio. Na teoria e na prática, é quase tão antigo quanto os chineses, e é incomparavelmente simples, dis-

pensando os complicados tanques duplos do foguete líquido, as suas bombas, válvulas, combustíveis instáveis e difíceis de armazenar, bem como as correspondentes complexidades e inseguranças. Encorajados pela rapidez do desenvolvimento e pela segurança sem precedentes dos propulsores militares a combustível sólido do Minuteman e do Polaris, os fabricantes de combustíveis sólidos afirmavam enfaticamente que seus foguetes podiam derrotar foguetes líquidos de quaisquer tamanhos, na corrida à Lua, e fazê-lo por uma fração do custo, adiantando-se aos russos até cerca de três anos no processo. Argumentavam que podiam construir, sob encomenda, foguetes a combustível sólido de quase qualquer especificação, com simplesmente empilhar os cilindros de combustível sólido um sobre outro ou lado a lado. Encontraram apoio na Força Aérea, que desejava um grande foguete armazenável que pudesse ser disparado rapidamente, sem a retrocontagem complicada dos combustíveis a gás liquefeito, "criogênicos" (superfrios), dos foguetes líquidos. Por outro lado, as propostas de foguetes sólidos encontraram firme oposição de parte da equipe metódica dos ex-alemães construtores de foguetes, em Huntsville. Os alemães, comandados pelo principal técnico em Missilística do mundo ocidental, Wernher von Braun, eram a favor do foguete líquido desde a década de trinta; gostavam de líquidos, que não viam razão para trocar por "rápidos e sujos" sólidos. Von Braun sustentava, entre outras coisas, que os sólidos não podiam ser desenvolvidos tão rapidamente, a despeito de promessas, e que não eram tão facilmente controláveis, quanto os líquidos, por meios de válvulas. Além disso, seus combustíveis não eram tão potentes quanto os combustíveis líquidos, de maneira que um foguete sólido teria de ter duas ou três vezes o tamanho de um foguete líquido para executar a mesma tarefa.

A controvérsia acerca do combustível sólido era típica das decisões desconcertantes e perturbadoras que iriam infestar o programa do pouso lunar tripulado. Podiam os Estados Unidos, ante as limitações orçamentárias, permitir-se embarcar num programa, de várias centenas de milhões de dólares, de pesquisa básica sobre os novos foguetes sólidos? Por outro lado, podiam os Estados Unidos permitir-se não fazê-lo? Ao fim e ao cabo, a questão estava comprometida: o próprio Kennedy iria exortar a NASA a que investigasse mais de perto as substanciosas alegações dos partidários do foguete sólido; a Força Aérea iria começar um programa de desenvolvimento, pouco intenso, de grandes propulsores sólidos, programa posteriormente encampado pela NASA, mas as esperanças principais, na corrida à Lua,

seriam depositadas no desenvolvimento de algum tipo de gigantesco propulsor líquido.

Outra incerteza semelhante era a questão do encontro, particularmente do encontro em órbita terrestre, que exigiria foguetes menores do que os exigidos pelo vôo direto.

Defrontados com as possibilidades do encontro e dos foguetes sólidos, e com mais algumas necessidades da Fôrça Aérea no tocante a foguetes, os planejadores fizeram o que planejadores, em circunstâncias similares, haviam feito durante séculos. Formaram uma comissão. Ao mesmo tempo que a Lua e presumivelmente os russos corriam para a frente durante o verão de 1961, mais uma comissão, no meio de tantas outras que o Apolo tinha originado, denominada Grupo de Grandes Veículos de Lançamento, ou Comissão Golovin-Kavanau, passou quatro meses discutindo a respeito de propulsores e usos para os quais se podiam destinar.

Postergando rapidamente, como inadequado para qualquer espécie de excursão à Lua, um veículo proposto denominado Saturno C-2, que era uma primeira fase do C-1 com motores mais potentes nas fases superiores, os membros da comissão conjunta da NASA-Fôrça Aérea começaram a cogitar do agrupamento de dois motores F-1 como primeira fase para um foguete circunlunar rotulado de Saturno C-3. Também êste foi julgado inadequado, e assim, no fim do outono, a comissão houve-se com recomendações para o C-4, um grupo de quatro F-1. Além disso, a comissão recomendou as técnicas de encontro em órbita terrestre e retardamento do desenvolvimento do Nova, tanto na versão sólida quanto na líquida. Finalmente, no início de 1962, a NASA tomou a si rejeitar mesmo êste plano de quatro motores e substituí-lo por um foguete com cinco motores F-1. Êstes permitiriam uma margem de segurança e, esperançosamente, algum "crescimento" do veículo do Apolo. O aumento de tamanho estava sendo finalmente reconhecido como fenômeno típico no progresso dos veículos espaciais, desde as pranchetas de desenho até a fase da usinagem. Causara êle dificuldades consideráveis no passado, quando se constataria que os foguetes já não eram capazes de elevar sequer do solo as cargas, por causa do crescimento delas. O Saturno de cinco motores foi uma decisão auspiciosa, porque, conforme ocorreu, o Apolo superava qualquer capacidade de "motor" que êste foguete pudesse ter jamais tido.

Êsse foguete de cinco motores recebeu o nome de Saturno C-5 e foi também chamado Saturno Avançado, embora pouca

semelhança parecesse haver entre tal veículo e um Saturno C-1. Iria ter cinco vezes a sua potência, e seria inclusive mais poderoso do que alguns dos primeiros Novas planejados; usaria motores inteiramente diferentes; teria o dôbro da altura; e seria cilíndrico, em vez de ter a aparência acanalada do C-1, que possuía um feixe de nove tanques separados de combustível no primeiro estágio. Essa questão de dar nomes similares a criações dissímiles fôra uma das misteriosas peculiaridades dos construtores de foguetes em Huntsville, desde os recuados dias em que haviam começado a chamar seus foguetes Redstone de Júpiter A e Júpiter C. O propósito aparente a que visavam era tanto o de obter prioridade de lançamento nas plataformas de Cabo Canaveral como o de tentar transferir o crédito de seus êxitos espaciais do foguete Redstone para seu Míssil Balístico Júpiter de Alcance Médio, que o Exército lutava por obter permissão de construir, em competição com o Thor da Fôrça Aérea.

Durante todo o planejamento dos Saturnos, essas estranhas propensões de batismo do grupo de Huntsville continuaram. O resultado foi uma confusão de letras e números designativos que mesmo os engenheiros tinham dificuldade de evitar confundir.

Em última instância, o programa do Apolo era o de viajar a bordo de três membros da família de veículos de lançamento denominada Saturno. Inicialmente rotulados Saturno C-1, Saturno C-IB e Saturno C-5, foram mais tarde designados pela NASA como Saturno I, Saturno IB e Saturno V.

A primeira fase do Saturno I, chamada S-I e construída pela Chrysler, era um feixe, com vinte e um pés e meio de diâmetro, de nove tanques contendo querosene e oxigênio líquido. Os gases são bombeados dêsses tanques para a câmara de combustão dos oito motores H-I da fase, com seu empuxo total de um milhão e meio de libras. Numa missão típica, a primeira fase seria ignizada na plataforma de lançamento e queimaria durante 160 segundos, elevando o veículo todo a umas cinquenta milhas de altura, numa curva achatando-se a leste, e imprimindo-lhe uma velocidade de 9 000 pés por segundo. Neste ponto, a primeira fase se separa, o veículo costeia para cima brevemente, e a chamada segunda fase S-IV entra em ação. A S-IV tem seis motores RL-10, a hidrogênio-oxigênio líquidos, com um empuxo total de 90 000 libras, que queimam durante cêrca de 500 segundos, dando à carga útil máxima (cápsula de precisão), de 10 toneladas do Saturno I, uma velocidade orbital final de cêrca de 18 000 milhas por hora. O S-IV é construído pela Douglas Aircraft Co.

O Saturno IB tem a primeira fase idêntica à do Saturno I. Sua segunda fase, entretanto, chamada S-IVB e construída também pela Douglas, será acionada por um único motor grande J-2, a hidrogênio-oxigênio, que fornecerá 200 000 libras de empuxo. O Saturno IB pode colocar dezesseis toneladas em órbita terrestre, ao passo que o Saturno I não ultrapassa dez.

Com o cancelamento do papel de transportador de homens atribuído ao Saturno I, o do Saturno IB será o de elevar uma espaçonave Apollo completa, em versão lunar, a órbita terrestre, para ensaio da manobra de encontro que o módulo de excursão lunar deverá executar, no espaço médio, em relação à nave principal. Para permanecer dentro da capacidade de transporte de carga do Saturno IB, numa missão que tal, o módulo de propulsão do Apollo levará apenas parte do combustível.

Subseqüentemente, os oito motores H-I para o Saturno IB serão muito possivelmente elevados a 200 000 libras, em vez das 180 000 nominais, para propelir a combinação do módulo de comando e do módulo de serviço do Apollo numa longa órbita elíptica, que circundará o lado traseiro da Lua e voltará à Terra.

O Saturno IB pode também ser usado como veículo de suprimento para alunissar suprimentos e equipamento destinado aos exploradores lunares, embora provavelmente não aos primeiros. Para a execução dessa tarefa, poderá ele conduzir um veículo de alunissagem automático, especial, não-tripulado, contendo tanques de oxigênio, de alimentos e possivelmente de combustível. O veículo poderia consistir de uma fase de pouso de um Grumman MEL, encimado por uma caixa de equipamento. Um veículo dessa espécie poderia ter uso no suprimento de uma base lunar, mas os idealizadores do Apollo não irão depender da possibilidade de tal "veículo lunar de intendência" estar pronto a tempo para os pousos iniciais. Poderiam fazer uso dele se já estivesse pronto.

O foguete que transportará a nave do Apollo completa, da Terra à Lua, o Saturno V, é um bicho muito diferente do Saturno I ou do IB. Sua primeira fase, de 33 pés de diâmetro, chamada S-IC e construída pela Boeing em Michoud, gerará sete milhões e meio de libras de empuxo, ao passo que as outras duas terão apenas um milhão e meio. Possui uma segunda fase, a S-II da North American, que reúne cinco motores J-2 para um total de até um milhão de libras de empuxo. E finalmente, no topo desse poderoso conjunto, há uma terceira fase, que é a mesma fase S-IVB usada no Saturno IB.

Comparada com o custo aproximado de quatro milhões e meio de dólares dos foguetes Atlas, tipo Mercúrio, uma unidade de um Saturno I levará uma etiqueta de preço de dezessete milhões de dólares, enquanto seu irmão grande, o Saturno V, custará cerca de cinquenta milhões. Não obstante, o custo por libra de carga útil em órbita terrestre alcança a cifra de uns dois mil dólares, no caso do Atlas, ao passo que com o Saturno I custa oitocentos e sessenta dólares e com o Saturno V apenas duzentos, devido à maior capacidade de transporte de carga destes últimos foguetes.

A primeira prova de vôo do Saturno I foi realizada em outubro de 1961; conduziu êle uma segunda fase simulada, de vez que o S-IV ainda não havia sido desenvolvido. Teve um desempenho quase impecável. Pareceu até meio indecente um foguete experimental de tal complexidade trabalhar tão bem num primeiro vôo — uma retrocontagem ininterrupta, oito motores a fumegarem juntos, quatro deles deslocando-se perfeitamente para trás e para frente, para dar direção, tôdas as embalagens eletrônicas funcionando perfeitamente, a terra tremendo. Isso foi seguido de uma série de testes impecáveis da primeira fase sozinha. A começar da quinta prova de vôo, a segunda fase do S-IV seria testada também e, na sexta, uma versão experimental do veículo Apolo seria lançada para examinar as características aerodinâmicas do Apolo e o aquecimento de reentrada. Tais testes iriam se tornar cada vez mais refinados até que, em fins de 1964, fôssem realizados vôos não-tripulados e provas de reentrada de uma espaçonave Apolo virtualmente completa.

Essas longas e apuradas provas de vôo, envolvendo, como envolvem, rejeição deliberada de foguetes cujo valor ascende a dezessete milhões de dólares ou mais, podem parecer desnecessariamente pródigas. Não obstante, tão complexos e delicados são êsse bichos gigantescos, com suas centenas de milhares de partes, e tão variadas as forças que vêm a atuar sobre elas durante qualquer vôo da Terra ao espaço, que seria muito mais dispendioso, em termos de maquinaria e vidas, tentar colocar espaçonaves no tópo de modelos de foguetes imprópriamente testados. A experimentação tem de ser gradativa; somente um procedimento gradual, em que novas complexidades sejam acrescentadas a cada vôo, evitará que diversas falhas simultâneas confundam a prova de tal maneira que ninguém possa dizer o que realmente saiu errado. Ademais, no propósito de “avaliar humanamente” todos os membros da família Saturno, é mister firme convicção de que um bom vôo não seja um acaso feliz. Tudo no

desenvolvimento do Saturno tem de ser feito com vistas à "avaliação humana". Mesmo a eficiência de seu desenho básico ficou comprometida por amor da segurança; receberam êles paredes pesadas, autárquicas, com a correspondente inconveniência de aumento de peso, em vez das delgadas cascas dos foguetes Atlas, que eram pressionadas internamente para adquirir rigidez. A experimentação de ambos os foguetes e de seus motores componentes é o mais dispendioso e demorado processo no desenvolvimento astronáutico. O teste de vôo é apenas um de incontáveis testes. "Vôos de ensaio" são também efetuados em computadores e em modelos de túneis aerodinâmicos, os quais estimam os efeitos, nesses complexos dispositivos, da aceleração, da desaceleração, das pressões aerodinâmicas, das temperaturas de cautério, das forças de encurvamento de mecanismos de direção e ventos, e das vibrações — tôda e qualquer força em que se possa pensar.

Durante tôda a sua existência, um modelo de veículo de transporte sofre muitos milhares de modificações, muitas das quais ocorrem após o veículo ter sido despachado para Cabo Kennedy — muitas, inclusive, depois de êle ter sido instalado em seu lugar na plataforma de lançamento, com a cápsula de precisão no tôpo. Isso aconteceu com o foguete Atlas em que voou John Glenn. Depois de o foguete estar pronto para partir, na plataforma, técnicos abriram um túnel até as suas entranhas mais profundas, a partir da base, e retiraram parte de uma repartição vazante, potencialmente perigosa, entre os tanques de oxigênio e querosene.

Durante o segundo ano do programa Apolo, o grande motor F-1 manteve seus defensores em estado de aflição com os seus misteriosos problemas de "instabilidade de combustão", que resistiam a todos os esforços para resolvê-los. Em cêrca de sete dos primeiros 250 disparos estáticos efetuados em plataformas de prova, os gases de combustão no motor sofreram oscilações de pressão, de que resultaram vibrações que quase destruíram o motor. Por fim, como o defeito persistisse até 1963, a NASA instituiu um programa de pesquisa de emergência, convocando especialistas de todo o país como consultores. As atenções se centraram no "injetor" do F-1, uma placa perfurada que misturava o oxigênio líquido e o querosene dentro da câmara de empuxo. Um programa especial, de sete-dias-por-semana, para execução e experimentação de injetores modificados, com diferentes contornos de orifícios, pareceu ter descoberto uma combinação que resolveu o problema, durante a primavera de 1963, mas seriam ainda necessárias muitas centenas de disparos de

prova antes de o grupo de especialistas, com os dedos cruzados, ficar convicto.

O modelo de prova do Saturno V só iria estar pronto para voar em 1966, e, depois disso, pelo menos treze lançamentos de desenvolvimento estavam planejados para ser efetuados antes dos primeiros vôos tripulados no tópo dêsses gigantes, em aproximadamente 1967. Na primeira missão do Apolo fora de uma órbita terrestre próxima, o Saturno IB colocará combinações de módulos de comando e de serviço em trajetórias circunlunares de “retôrno livre” — trajetórias planejadas de modo a permitir-lhes o regresso à Terra, com propulsão que não será essencialmente em larga escala, depois de efetuar uma passagem pelo lado distante da Lua. Missões posteriores serão em órbitas circulares, a cêrca de 100 milhas acima da Lua, e talvez realizem levantamento cartográfico e reconhecimento como preparativo para pouso eventual.

No que concerne às fases superiores do S-II, S-IV e S-IVB para êsses grandes propulsores, os especialistas em mísseis se empenhavam numa emprêsa desesperada, que se centrava no elemento indomado, o hidrogênio, combustível para tôdas essas fases. Faseamento é o acesso mais próximo que o especialista em foguetes tem ao seu bôlo e ao ato de comê-lo. Com fazer com que seu veículo se eleve e deixe tombar as fases inferiores, já queimadas, à medida que sobe, as ágeis fases superiores herdam tôda a velocidade que se desenvolveu antes, mas nada do pêso dos tanques vazios e da maquinaria morta. E, com tornar leves as fases superiores, o especialista em foguetes pode diminuir grandemente o tamanho das fases inferiores, às quais cumpre elevar as superiores acima do solo.

Devido a duas coisas — o grande volume do hidrogênio e o longo tempo necessário para construir as primeiras fases —, estas tiveram de ser planejadas em função dos combustíveis convencionais e pesados, de oxigênio-querosene, que estavam bem testados àquela altura e representavam escasso avanço sôbre os combustíveis líquidos, de oxigênio-álcool, usados pelos alemães em seus foguetes V-2 há vinte anos atrás.

De há muito se sabe que a combinação oxigênio-querosene deixa muito a desejar em termos da potência ou “impulso específico” que pode propiciar. O impulso específico refere-se ao número de libras de empuxo ou “empuxão” que uma libra da combinação combustível fornecerá se tôda ela queimar num segundo, ou, inversamente, o número de segundos em que uma libra queimará se estiver fornecendo uma libra de empuxo en-

quanto queima. Exprime-se habitualmente tal valor em segundos. Dessarte, o impulso específico do oxigênio líquido, chamado LOX, e do querosene, é de cerca de 290 segundos — tão baixo que cada libra de mistura que deva ser alunissada, com tôdas as fases queimando LOX-querosene, exige perto de mil libras de combustível, além dos enormes tanques para armazená-la e dos motores para queimá-la. Isso faz com que cada libra de água ou pão desembarcada na Lua custe cerca de nove ou mais vezes seu peso em ouro. Visões que tais, e visões do estupendo tamanho do veículo necessário para lançar todo êsse combustível da Terra, eram quase que vertiginosas demais para serem contempladas. A busca orientou-se então para combustíveis de “alto grau”, com maior impulso específico. Desde os dias dos primeiros pioneiros do foguete líquido, sabia-se que os mais altos impulsos específicos teóricos de um combustível seriam obtidos do hidrogênio. O flúor é outro candidato, mas é tão malèvolamente reativo que se torna quase impossível manejá-lo. O hidrogênio possui os átomos mais leves e mais simples, entre todos os elementos, de modo que uma dada quantidade de energia pode acelerar tais átomos, fazendo-os sair do bocal do foguete em velocidade maior que tudo o mais. Quando queimado juntamente com oxigênio, tem um impulso específico de cerca de 430 segundos. Ademais, o hidrogênio queima com absoluta limpeza, sem fuligem — o produto de sua combustão é água pura —, e é inodoro e não-tóxico. Mas como muitas coisas que queimam com chama firme, de pedra preciosa, o hidrogênio parecia quase ser bom demais para ser verdadeiro. E quase o era.

O Departamento de Defesa dos Estados Unidos entregou-se, impetuosamente, ao desenvolvimento de foguetes a hidrogênio, em 1957, com um projeto denominado Centauro, transferido posteriormente para a NASA. Era um foguete de fase superior, de orçamento reduzido, que seria construído para pesquisa e possivelmente para colocar um satélite militar de comunicações numa órbita de vinte e quatro horas. O contrato de 36 milhões de dólares foi firmado com a General Dynamics/Astronautics e estipulava um vôo por volta de janeiro de 1961. A Pratt & Whitney tinha o contrato de 23 milhões para construir os motores para o Centauro.

Gradualmente, conforme os planos espaciais norte-americanos se tornavam mais ambiciosos, sem que surgisse, no panorama norte-americano, qualquer foguete suficientemente potente para realizar tais ambições, as atenções se voltavam cada vez mais para essa fase experimental do Centauro, a mais potente fase superior em construção na época. Em breve, êle estava progra-

mado para assumir a responsabilidade de grande parte do programa espacial norte-americano, não obstante sua inexperiência, inclusive sondas não-tripuladas a Vênus e Marte, e satélites de comunicação, bem como o veículo alunissador Surveyor, cujas descobertas científicas eram consideradas vitais para o planejamento e a construção do veículo lunar tripulado do Apolo.

Com tantos ovos espaciais dos Estados Unidos sendo agora conduzidos na cesta do hidrogênio, o combustível começou a evidenciar-se um cêsto de dificuldades. Algumas "brechas" técnicas, que abrangiam coisas como descobrir métodos de armazenar hidrogênio líquido e mantê-lo estável bem abaixo de seu ponto de ebulição de 423 graus F. negativos, e, a seguir, de bombear, regular com válvulas, e manusear substância tão impossivelmente fria, tinham talvez tornado todos um pouco otimistas demais quanto à sua mestria com motores a hidrogênio. Todavia, o hidrogênio deu aos construtores de motores Pratt & Whitney uma pequena amostra de seu comportamento ao explodir e arasar sucessivamente três plataformas de prova de motores a principiar de dezembro de 1960. Tal peculiaridade foi rastreada até um problema de ignição e corrigida, e Pratt & Whitney continuaram a construir seus motores, após alguns meses de atraso. Então os transtornos se transferiram para a General Dynamics/Astronautics, construtores da fase superior completa do Centauro. Em primeiro lugar, a General Dynamics estava atolada em dificuldades concernentes ao equipamento terrestre, envolvendo válvulas de hidrogênio que tinham que ser reconstruídas. Então, um problema realmente importante se apresentou: um anteparo ou parede ôca entre as fases do hidrogênio e oxigênio vazou devido a pequenas fendas causadas pelo frio intenso do hidrogênio, de 423 graus F. abaixo de zero. O hidrogênio coou-se para dentro dêsse anteparo, anulando o vácuo isolante que ali deveria existir. Isso fêz com que o hidrogênio absorvesse calor do oxigênio "quente", a 287 graus F. negativos, e entrasse em ebulição. O reparo dêsse defeito motivou atraso de um ano na data de lançamento, estipulada para janeiro de 1961. Finalmente, quando os construtores se preparavam para dar o primeiro disparo em janeiro de 1962, uma série de problemas relacionados com as condições atmosféricas, os sistemas de orientação, combustível e eletricidade do Atlas e do Centauro, ocasionou atrasos sucessivos no lançamento, até que, afinal já se estava em maio quando tudo pareceu estar em ordem.

A 8 de maio de 1962, foi lançado o primeiro Centauro no tópo de um foguete Atlas. Ele se elevou lindamente até 30 000 pés da

altura — e explodiu quando um painel de isolamento se separou antes do tempo, expondo o hidrogênio ao calor. Um segundo veículo Centauro, que havia sido construído, nunca teve oportunidade de ser aproveitado. Durante testes efetuados no campo de provas da General Dynamics, em Sycamore, na Califórnia, um foguete Atlas explodiu numa plataforma de provas próxima avariando severamente o segundo Centauro.

Perseguido por êsses desastres, o Centauro se atrasou de três anos em relação ao previsto; seus custos se elevaram de 59 milhões para 350 milhões de dólares. Pior de tudo, sua obstinação fêz-se sentir, numa reação em cadeia, através de todo o programa espacial. O lançamento do Surveyor, cujas descobertas eram vitais ao Apolo, atrasou-se de 1963 para 1965. Os Laboratórios de Jato-Propulsão tiveram de reconstruir seu veículo de sondagem de Vênus, o Mariner — o qual, se fôsse para alcançar Vênus, teria de ser lançado em fins do verão de 1962, reduzindo-lhe o peso à metade e comprometendo sua carga de instrumentos científicos, de modo que pudesse ser lançado no tópo de um Atlas Agena.

Nesse ínterim, contudo, a NASA andara a fazer do hidrogênio a pedra angular da exploração espacial norte-americana. O Saturno levaria uma segunda fase, composta de seis motores a hidrogênio A-3 (ou RL-10), de 15 000 libras de empuxo cada um, do mesmo tipo dos que acionavam o Centauro. Êsses motores, de modo assaz interessante, vinham demonstrando ser um dos mais eficientes tipos novos de motores jamais construídos, a despeito dos transtornos com seu veículo afim. A NASA, adiantando-se ainda mais, começara o desenvolvimento de dois outros motores maiores a hidrogênio, o burro de carga J-2, de 200 000 libras, e o M-1, de um milhão e meio de libras, em execução pela Aerojet, para acionar as fases superiores do Nova, embora o formato final dêste fôsse ainda desconhecido.

Finalmente, o esforço capital dos Estados Unidos para desenvolver um foguete de propulsão nuclear dependia do domínio das peculiaridades do hidrogênio, visto que êle seria o combustível a ser aquecido pelos reatores e expelido nos motores a foguete do NERVA, bem como em quaisquer motores nucleares posteriores.

Foi tão alarmante essa onda crescente de transtornos, que imediatamente após a explosão do vôo, a Comissão de Ciência e Astronáutica da Câmara encetou uma investigação de todo o programa Centauro. Ela acusou não só a NASA como a General Dynamics de incúria administrativa, e, em particular, de não

terem dado maior primazia técnica e administrativa a um programa de tamanha importância básica. A NASA retirou todo o programa Centauro do Centro de Voo Espacial Marshall — onde ele nunca fôra bem-vindo, de maneira alguma — e colocou-o nas mãos do Centro de Pesquisas Lewis da NASA, em Cleveland.

Conquanto os projetistas de veículos adorassem empregar o hidrogênio em todas as fases de seus foguetes, outras ponderações, que tornavam alguns combustíveis menos potentes mais atraentes, se interpunham. Uma, obviamente, é o baixo ponto de ebulição do hidrogênio, o que significa que ele deve ser rigorosamente isolado e protegido dos raios solares e do calor refletido da Terra. Qualquer reservatório de hidrogênio que permaneça por mais de algumas horas no espaço deve estar ordinariamente equipado com jatos de controle de atitude e elementos sensoriais automáticos, que lhe dirigem a extremidade menor para o Sol, reduzindo dessa forma a área que os raios solares aquecem. Embora o hidrogênio líquido seja de peso muito leve em relação à quantidade de empuxo que produz, é muito volumoso, ocupando espaço bem maior do que o empuxo equivalente em querosene.

O volume e a impossibilidade de armazenamento, mais a relativa complexidade da operação de misturá-lo adequadamente ao oxigênio e ignizar a mistura, fizeram com que os projetistas trocassem o hidrogênio pelos combustíveis chamados “hipergólicos” (auto-ignizantes) para motores que tivessem de passar longos períodos no espaço, e depois funcionar perfeitamente. Tais motores constituem o foguete principal do módulo de propulsão do Apolo e são os motores de alunissagem e decolagem lunar. Estes devem ser os motores a foguete mais eficientes jamais construídos. Os combustíveis hipergólicos se apresentam com nomes poderosos, tais como Dimetilhidrazina Assimétrica com Tetróxido de Nitrogênio, ou Hidrazina Monometálica e Vapores Vermelhos de Ácido Nítrico Inibido. O importante é que são relativamente armazenáveis em temperaturas normais, e quando dois dos elementos combustíveis químicos são misturados numa câmara de foguete, ignizam-se espontaneamente, sem sistema de ignição, fornecendo muitas vezes impulsos específicos de 300 segundos ou mais. Para aumentar ainda mais a sua eficiência, permitem que a gente se arranje com um número mínimo de peças e um máximo de simplicidade. Bombas, turbinas e controles auxiliares, usados em motores comuns a combustível líquido, podem ser eliminados, e os tanques de combustível pressurizados com gás para forçar a entrada dos propelentes na câmara

de empuxo. Os pequenos empuxadores de controle de atitude do Apolo utilizarão também combustíveis hipergólicos.

Provavelmente, a maior parte do transporte para a eventual base lunar tripulada prevista para depois do Apolo, bem como os vôos tripulados aos planetas próximos, serão efetuados por foguetes nucleares, que estão em desenvolvimento atualmente na América do Norte, mas que não ficarão prontos antes de 1970, se ficarem. O motor nuclear obtém seu empuxo com bombear algum combustível, como o hidrogênio, através do núcleo de um reator nuclear, aquecendo-o e vaporizando-o dessarte, e expelindo-o de uma câmara de empuxo semelhante à de um foguete químico. Ele promete impulsos específicos de 800 a 1 200 segundos, de modo que um veículo nuclear para uma alunissagem tripulada teria somente cerca de um décimo do peso do sistema de foguete químico.

Sob o programa nuclear do Projeto Rover, os Estados Unidos começaram primeiro a testar um modelo de estudo de motor nuclear, o Kiwi-A, em 1959. Ao tempo em que se propôs o Apolo, o Projeto Rover foi acelerado e uma série de Kiwis levou gradualmente ao NERVA peso-de-vôo (Motor Nuclear para Aplicação em Veículo a Foguete), patrocinado conjuntamente pela NASA e pela Comissão de Energia Atômica (AEC). O desenvolvimento do motor NERVA será seguido de um motor nuclear mais potente, denominado Febo.

Como projeto, o programa do motor nuclear experimentou realmente mais reveses que o programa Centauro. Tremendamente difícil por sua mesma natureza, foi desenvolvido sob administração ainda mais difusa do que a do Centauro, principalmente por causa do patrocínio conjunto NASA-AEC. O problema técnico principal é descobrir materiais para o núcleo do reator que possam resistir às tremendas temperaturas que os motores a foguetes nucleares necessitam para ser eficientes.

Quando, e se, os foguetes nucleares estiverem finalmente voando, exigirão manuseio completamente fora do comum devido aos seus perigos de radiação. Tornam-se extremamente radioativos no decurso dos ensaios, e a radioatividade perdura muito tempo depois de terem sido desligados, de maneira que ninguém pode se aproximar deles. Por tal motivo, talvez seja impossível testar um motor antes de dispará-lo ao espaço. Além disso, quaisquer homens viajando no topo de uma fase nuclear terão de estar solidamente protegidos por blindagem; outrossim qualquer nave que procure efetuar encontro com um veículo nuclear, terá de se aproximar dele de uma direção tal que os feixes de

radiação sejam detidos por chumbo espesso ou outras blindagens. Ter-se-á de tomar cuidado para ter certeza de que qualquer reator que caísse de volta à Terra, depois de um mau lançamento, expluda no ar. É improvável que combustíveis nucleares sejam aplicados a qualquer primeira fase de propulsor a foguete antes que decorra muito tempo.

Trabalho prometedor está-se realizando sobre um conceito de foguete nuclear mais satisfatório — o reator de “núcleo gasoso”. Tecnicamente difícil por razões óbvias, este motor manteria sua chama nuclear dentro de uma nuvem de vapor de urânio, eliminando as preocupações quanto à fusão do núcleo, não importando quão elevada fosse a temperatura. O problema, naturalmente, é transferir este calor ao material propelente sem, ao mesmo tempo, perder o precioso e perigoso vapor de urânio através do bocal do foguete. Devido às suas altas temperaturas de operação, tais reatores poderiam ter impulsos específicos de 2 500 a 20 000 segundos, ou mais, juntamente com um peso bruto reduzido. Algumas autoridades otimistas prevêem emprego de um reator de núcleo gasoso dentro de quinze anos.

Finalmente, em lugar da violência tonitruante dos foguetes convencionais a combustível químico, os pesquisadores vêm-se ocupando com outra via de acesso mais branda, mais suave, que, de certa maneira feminina, pode alcançar muitas das mesmas metas dos violentos combustíveis químicos, e outras que eles jamais lograriam alcançar. As diversas técnicas de propulsão elétrica embora não vão ser provavelmente usadas nas missões do Apolo, tornar-se-ão quase que certamente os propulsores espaciais em alguns dos futuros esforços de alcançar os planetas. O princípio, neste caso, é o de obter empuxo da energia elétrica, usando arcos, íons ou plasmas elétricos. O motor a arco aquece um gás a uma temperatura elevada e o expelle através de um bocal. No motor iônico, os elétrons são arrancados aos átomos de um propelente de cézio ou mercúrio, deixando um fluxo de partículas carregadas denominadas íons. Campos elétricos então aceleram os íons que saem pelo bocal. No jato a plasma, um gás é aquecido a temperatura muito elevada, até decompor-se numa mistura de íons e elétrons carregados, denominada plasma, a qual pode ser impelida através do bocal por campos magnéticos possantes. Todos estes foguetes elétricos geram impulsos específicos que chegam à casa dos milhares, com o motor iônico alcançando até 20 000 segundos. Mas tudo parece destinado a produzir unicamente empuxos diminutos — poucas libras ou talvez centenas de libras, no máximo. Entretanto, como este pequeno empuxo

pode ser produzido continuamente por períodos de dias e semanas, é possível, a uma nave espacial pesada, no estado sem fricção de órbita, desenvolver praticamente velocidades ilimitadas, da mesma forma que o empurrão firme de um dedo de criança pode abrir e fechar uma maciça, mas bem equilibrada, porta de cofre bancário. Um motor elétrico exige uma pesada usina geradora de eletricidade, bastante grande para atender a uma cidade de bom tamanho — provavelmente um reator nuclear.

Para qualquer vôo espacial além de Marte, é quase imperativo que alguma espécie de motor elétrico ou nuclear seja utilizada. De outra forma, qualquer foguete químico demonstraria ser demasiadamente pesado.

CAPÍTULO VII

OS NAVEGADORES

LONGAS, lentas vibrações correm pelo foguete acima, sacudindo a tripulação; então, começam a diminuir, quando caem as braçadeiras de retenção da plataforma de lançamento. Um suave balouço revela os homens que estão a caminho. Eles percorrem suas listas de conferência, os catecismos que lhes pontuam as vidas, verificando a aceleração, a altitude, a pressão e temperatura da cabina, o amperômetro, a posição dos interruptores e alavancas — tudo quanto possam saber de seu progresso de uma condição terrestre para outra celeste, por meio de gases quentes exalados através de um funil.

E, de quando em quando, lançam uma olhadela, pelas vigias da cápsula, ao horizonte que a girar lentamente, panorâmico, vai ficando para trás, à medida que o foguete rodopia sôbre seu longo eixo, com seus giroscópios buscando um azimuth situado em oposição ao sol nascente. O céu se torna progressivamente mais azul, aproximando-se do negrume final. Mas, na maioria das vêzes, os astronautas não sentem o movimento; sentem apenas seu próprio pêso, inexoravelmente crescente, conforme o foguete abaixo larga pêso e os arrebatava às garras da Terra.

Abruptamente, a nave começa a sacudir-se quando ingressa no domínio do Max Q, a região transônica onde as forças máximas do ar fustigam o veículo. Sujeito desagradável, o Max, embora mais domesticado agora do que nos dias dos lançamentos tripulados do Mercúrio, no tôpo de propulsores militares cuja estrutura mais fraca fazia dêsse momento no limiar do espaço uma situação tempestuosa, cheia de vibrações e sacolejos aerodinâmicos capazes de fazer em pedaços um foguete, se as condições fôsem propícias.

Uma ponderosa qualidade de flexibilidade se difunde pelo Saturno enquanto êle se estorce e se curva relutantemente às ordens de minúsculas rodas e pêndulos colocados nas entranhas da nave. Esses dispositivos ficam inquietos com pequenos desvios, e movimentam os grandes motores em baixo para trás e para a frente feito lemes. Os computadores a bordo estudam o progresso do foguete no rumo sueste, aproveitando, tanto quanto possam, o impulso livre propiciado pela rotação da Terra, mas sempre tendo em mente o curso para a Lua, que só pode ser alcançada por um caminho estreito.

Subitamente, BECO — separação do foguete propulsor. Este é o intervalo para tomar fôlego sempre grato aos astronautas; aquêle em que suas forças de gravidade acumuladas, quatro vezes e meia superiores à da Terra, se anulam. Mas, abruptamente, as forças começam a aumentar de novo quando a partida da primeira fase é seguida pelo rugido diferente da segunda fase a hidrogênio posta em funcionamento.

No tôpo do empuxo de um milhão de libras, dos motores J-2 da fase, êles avançam em espiral rumo à sua órbita circular de "estacionamento", a doze minutos e 115 milhas acima da Terra. A qualidade do som na cabina muda, torna-se mais metálica à medida que a fase de empuxo se esvazia e suas vibrações naturais se alteram. Após seis minutos e meio, a fase dois se separa e os três astronautas de novo experimentam a ilusão, agora familiar ao homem do espaço, de cair para a frente, quando as duas gravidades que desenvolveram se anulam totalmente. Êles costeiam para cima, por algum tempo, imponderáveis; o nariz da nave volta-se gradualmente para baixo, faz-se paralela à superfície terrestre lá em baixo. Logo, o único motor J-2 da terceira fase do S-IVB entra em funcionamento, por breve tempo, para colocá-los em órbita de estacionamento, tornando circular seu trajeto elíptico. E pára.

A espaçonave do Apolo irá começar sua trajetória para a Lua a partir de uma órbita "de estacionamento" que circunda a Terra, à altitude de 115 milhas e à velocidade de 17 600 milhas por hora. Essa órbita de estacionamento irá ser o ponto de partida, onde todos os sistemas da nave possam ser conferidos e onde tanto os computadores a bordo como aquêles em terra acertam seus ponteiros, sob as asas tranquilizadoras da Terra, antes do salto ao espaço profundo. Ali, os computadores conferem, com as estações de rastreio, os horizontes terrestres, os astros e o Sol, anotando todos os pequenos erros no plano e

na altitude orbital que se acumularam durante o violento vôo de doze minutos até aquêlo ponto. A plataforma de orientação inercial é reajustada, os computadores calculam o ponto de partida da órbita em direção à Lua e o armazenam em suas memórias. Mas, principalmente, essa órbita de estacionamento dá à nave oportunidade de partir para a Lua no exato momento, melhor do que um complicado lançamento e retrocontagem dos pesados propulsores da primeira fase de Terra. O plano da órbita de estacionamento — o disco que descreve — deve ser alinhado tão precisamente quanto possível, com seu bordo apontando para onde a Lua estará três dias mais tarde. Tal órbita só pode ser alcançada duas vezes por dia, durante a chamada “abertura de lançamento”, quando a rotação da Terra coloca o Cabo Kennedy em posição apropriada, sob o plano imaginário da órbita. No instante exato, enquanto dá voltas nessa órbita, o foguete é reignizado para desenvolver a velocidade de 36 700 pés por segundo (25 100 milhas por hora), que o força até uma trajetória no rumo da Lua.

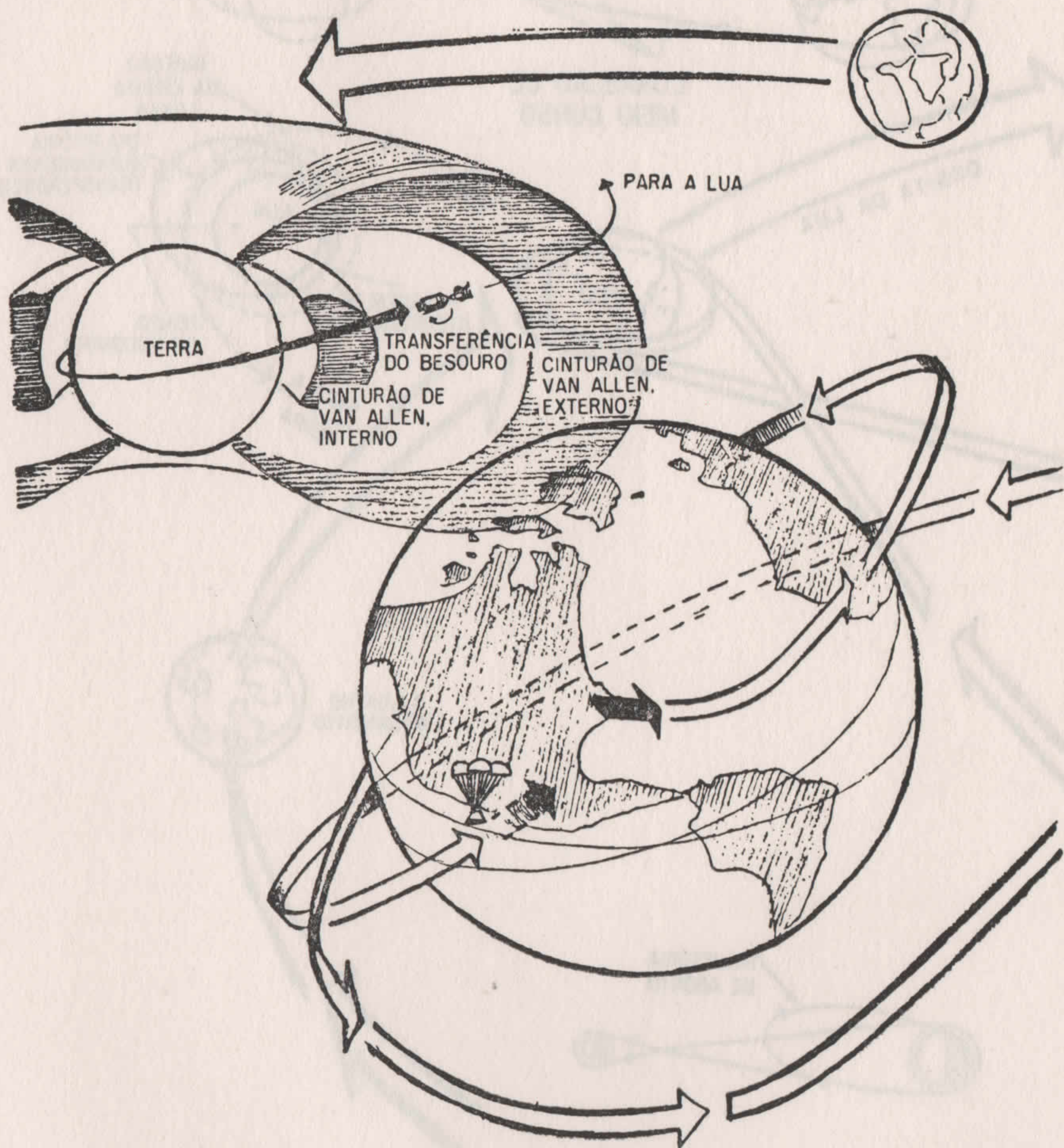
Ninguém voa, simplesmente, para a Lua e os planêtas. Calcula, faz aproximações, mede os passos e verifica a maquinaria. Então, enrola todos os erros inevitáveis num lençol de esperança, e é lançado em sua trajetória em arco, de modo muito semelhante à Bala-Humana do circo. A própria teoria e os mesmos princípios do vôo espacial desafiam nossos melhores matemáticos. Considerada em cada uma de suas partes, a teoria envolve fôrças e efeitos que foram explicados por Newton e Kepler. Mas uma nave espacial não a considera parte por parte; toma-a tôda, de cambulhada, e isso é o que constitui o famoso “Problema dos Três Corpos”, que nunca foi satisfatoriamente resolvido. Êste problema — ou uma variante dêle chamada “Problema Restrito dos Três Corpos” — é simplesmente a predição matemática do que deverá acontecer a uma espaçonave movendo-se entre dois corpos celestes. À medida que a nave avança, as fôrças gravitacionais que sôbre ela agem, vindas dos dois corpos, mudam constantemente de direção e magnitude. O problema de determinar o que acontece a essa espaçonave torna-se tão complexo que o melhor que os matemáticos dos Estados Unidos alcançaram fazer é enfiar um colar de aproximações, usando equações grosseiras, na esperança de corrigir os erros após medições subsequentes. Mesmo para fazer isso é preciso tempo e os melhores computadores. Uma multidão de problemas contribui para o êrro — o foguete que queima por tempo longo demais, o radar que não funciona, o conhecimento imperfeito da distância entre os corpos celestes ou a localização de uma estação de rastreio,

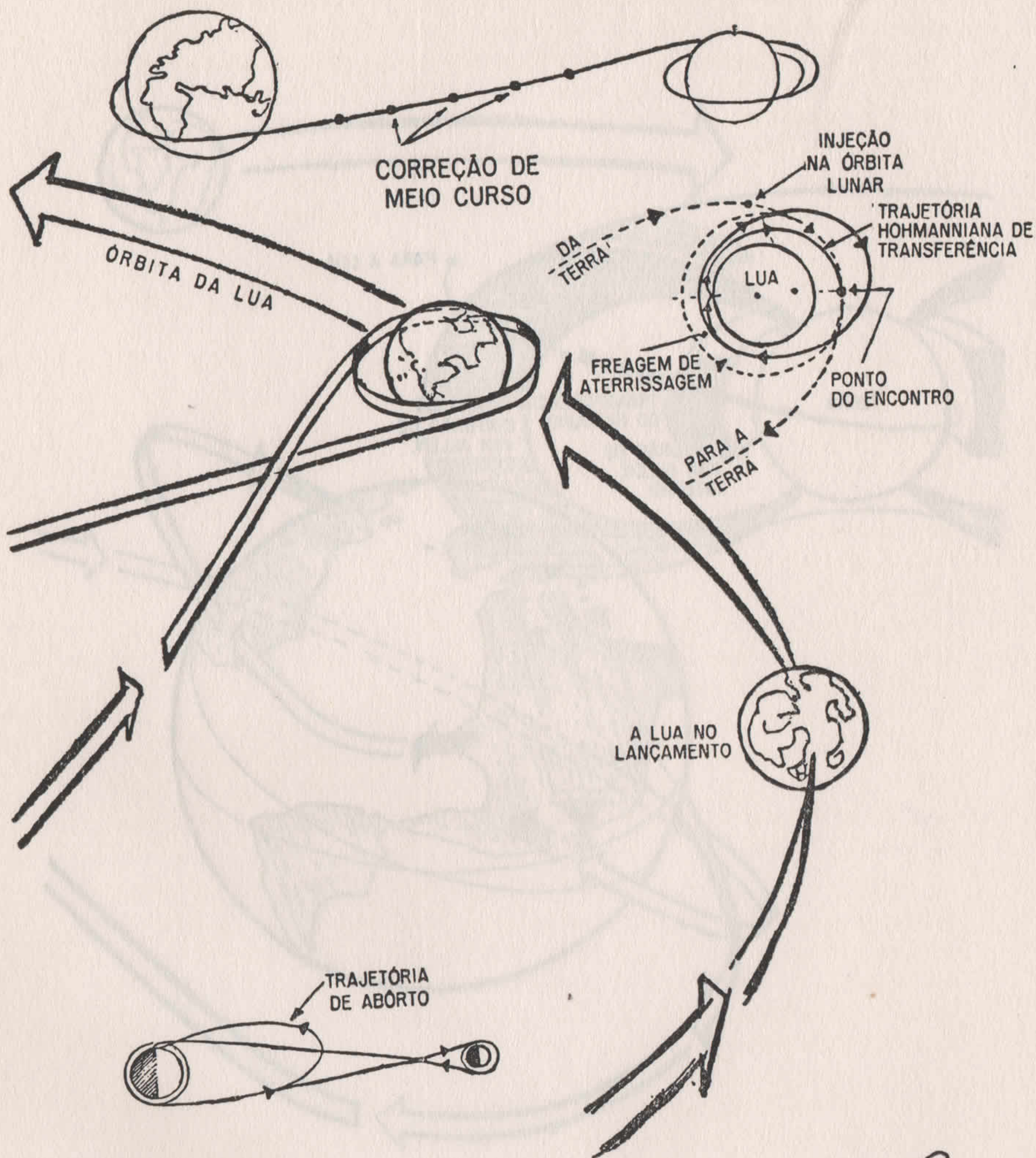
o suprimento insuficiente de combustível. O problema piora quando se torna problema de quatro e cinco corpos celestes, como seria o caso no vôo planetário. Para que o vôo espacial assumisse mais um ar de elegante empenho, seria preciso ter equações exatas nas quais se pudessem inserir posições, velocidades e massas, e das quais adviriam instruções de alto gabarito quanto ao que fazer em seguida. Mas tais equações são o que se chama "equações diferenciais não-lineares", área da Matemática na qual os Estados Unidos têm sido tradicionalmente fracos. Temos dependido de computadores e equações simples de movimento para obter nossas respostas, e, conquanto tal procedimento funcione, não deu aos nossos matemáticos domínio dos princípios básicos, "sensibilidade" para o assunto. Desesperadamente, os teóricos andam à cata de tal sensibilidade agora; programas estão em curso na Republic Aviation, na General Electric; na Martin Company, nos Laboratórios de Tecnologia Especial, no Centro Marshall de Vôo Espacial, e alhures, no propósito de melhorar a mestria norte-americana no campo da equação diferencial não-linear, em que os russos, aliás, com a ênfase tradicional que de há muito dão à Matemática aplicada, parecem ser superiores.

Seja como fôr, a situação existe e não pode ser remediada de uma hora para outra. Por todo o país, os computadores vibram e expelem longas e largas fôlhas de papel cobertas de números. Junto ao seu nascedouro estão os matemáticos, que agarram as fôlhas e as examinam atentamente, petrificados. Sacodem a cabeça, assobiam e chamam a atenção dos colegas para determinadas passagens acêrca dos singulares emaranhados dos eternos triângulos celestes. Os computadores operam geralmente mediante a resolução de grande número de equações de dois corpos, cada uma delas abrangendo uma pequena parte do trajeto, e a reunião de seus resultados de ponta a ponta.

Por muito tempo ainda, a navegação espacial será provavelmente uma forma de judô cósmico — o emprêgo de estratégia e, de vez em quando, de um pequeno coice de energia para afeiçoar as poderosas fôrças do sistema solar aos objetivos do Homem. A principal fôrça a ser levada em consideração é a gravidade, e o meio pelo qual nos havemos com ela é a mudança da velocidade — o "delta V", como chamam os engenheiros.

Não existem linhas retas no espaço. Os campos gravitacionais que circundam os corpos celestes são como abismos escarpados e enganadores, que começam ao longe como declives suaves e acabam como precipitosos mergulhos cônicos, sendo a pro-





TOM
TUMM

fundidade do mergulho proporcional ao tamanho do corpo. A totalidade do sistema solar — e a galáxia mais além dele — pode ser considerada, então, como um intrincado campo de golfe, cheio de convoluções entrelaçadas e depressões escancaradas. O problema inicial do navegador do espaço é como aquele de um golfista que, com uma só tacada, deve arremessar sua bola ao longo desta série de curvas, por toda a extensão de um *fairway*, até o buraco certo — exceto que, no caso do navegador, o buraco está sempre em movimento. Além disso, ele tem de estar sempre se arrancando de uma das depressões. Se empregar muito pouca potência no arranque, a nave costeará para cima a vertente de gravidade, perdendo velocidade à medida que avançar, até chegar o momento em que nenhuma velocidade restará e a gravidade lhe encurvará o trajeto; ela voltará, caindo a prumo e adquirindo toda a velocidade perdida no percurso.

Uma trajetória para a Lua é um problema de primeira ordem em matéria de encontro espacial. A Lua se move ao redor da Terra a 2 268 milhas por hora, bem como para cima e para baixo em relação ao equador terrestre. Não se conhece exatamente sua distância e ela possui um largo campo de gravidade, que constantemente encurva o suave trajeto elíptico no qual a espaçonave parte da Terra. Além disso, durante toda a longa viagem para a Lua, a gravidade do Sol exerce também uma pequena, porém constante, força. Assim, em seus cálculos, os matemáticos devem considerar os campos de gravidade da Terra, da Lua e do Sol; a rotação da Terra; a atmosfera terrestre; o movimento orbital da Lua; as inclinações relativas dos planos nos quais tanto a Terra como a Lua orbitam ao redor do Sol; a inclinação do plano equatorial da Terra; e a declinação — o movimento de subida e descida — da Lua.

Existe um número quase infinito de trajetórias que alcançarão a Lua, mas cada uma delas é reconhecidamente exigente no que respeita à sua própria velocidade inicial de partida e ao ângulo do objetivo. A maior parte das primeiras trajetórias lunares do Apolo será restrita àquelas que possibilitem à nave realizar um “regresso livre” à Terra sem emprêgo de energia, e todas ficarão restritas àquelas que permitam à missão ser “abortada” — ser interrompida abruptamente com um jato de potência de freagem e reconduzida a áreas adequadas sobre a Terra.

Não muito depois de o Apolo deixar sua órbita terrestre, transferirá ele a maior parte de suas comunicações das duas dúzias de estações terrestres de rastreo, de curto alcance, para a

Rêde de Transmissão para o Espaço Profundo, da América. As estações de curto alcance são a antiga rêde de rastreio do Mercúrio, à volta do mundo, ligeiramente ampliada pela adição de cinco navios de rastreio em alto mar e de um avião especialmente equipado. Por outro lado, a Rêde de Transmissão para o Espaço Profundo consiste de três estações — antenas parabólicas de radar, de 85 pés, em Goldstone, na Califórnia; em Madrid, na Espanha; e em Camberra, na Austrália. Estão cuidadosamente espaçadas, a 120 graus uma da outra, ao redor da Terra, de modo que pelo menos uma antena parabólica pode “ver” a nave em tôdas as ocasiões, uma vez que esta esteja bem afastada da Terra. A rêde será provavelmente ampliada pela adição de dois outros sítios e de antenas maiores em alguns sítios.

O trabalho principal da RTEP é o de procurar marcar a posição da nave e calcular para onde ruma. Um por um, os três poderosos radares tentarão obter o alcance, a velocidade, e a direção de vôo, medidos a partir do centro da Terra. Os dados obtidos serão administrados aos computadores IBM, no centro de contrôle de vôo em Houston, e os computadores, por sua vez, fornecerão estimativas de posição e curso.

Entrementes, a bordo do Apolo, a tripulação estará procurando estabelecer suas próprias posições de navegação, empregando técnicas elaboradas pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts. Estas incorporam técnicas de visada celeste semelhantes, em princípio, àquelas que prestaram durante séculos bons serviços aos navegadores terrestres.

Instrumentos ópticos semelhantes aos sextantes dos marujos medirão o ângulo de certas estrêlas em relação ao centro da Terra, da Lua, e dos planêtas. Usualmente, essas estrêlas serão escolhidas dentre as que parecem estar junto do planêta no momento da visada. A visada com sextante fornecerá um “cone de posição” imaginário, cuja ponta está no centro do planêta e cuja extremidade aberta se estende em direção à espaçonave e além, ao infinito. Algures, na superfície dêsse cone imaginário, estará situada a espaçonave. A seguir, com determinar onde êsse cone cruza com cones similares de posição, de outras combinações de planêtas e estrêlas, poder-se-á estimar a posição da espaçonave e as estimativas se tornarão estatisticamente mais precisas à medida que mais e mais visadas se seguirem.

As aferições do sextante da tripulação são resolvidas nos cones de posição pelo sagaz computador Raytheon da nave, de um pé cúbico, que resolve também muitos dos outros problemas mate-

máticos do Apolo e que comanda boa parte das ações da tripulação. Os cálculos dêsse pequeno computador são também coadjuvados por gigantescos computadores IBM localizados no centro de controle de vôo em Houston. As medições do sextante da tripulação são confirmadas, outrossim, de terra, por técnicas de rastreio espacial convencionais. A navegação espacial é algo estatístico, com todos os erros — visadas inexatas, transmissão imperfeita de dados, tempos imprecisos, distâncias desconhecidas entre a Terra e a Lua, e velocidades imperfeitamente conhecidas, que contribuem para a incerteza de cada navegador e de cada rastreador. Porém, à medida que o tempo avança e visada sucede a visada, o erro torna-se cada vez menor.

O que os navegadores realmente desejam descobrir afinal, é se atingirão a Lua ou errarão o alvo — e, se errarem, por quanto e onde. Além disso, não estão amiúde interessados em regressar a um curso pré-estabelecido; tais olhetes em sua trajetória seriam desperdício exagerado de combustível. Tudo quanto é necessário é que uma nova trajetória seja computada, que os leve de onde estão aonde desejam ir, nas vizinhanças da Lua — e que os faça viajar na velocidade certa ao chegar lá.

Cêrca de 12 horas depois de sua partida, dependendo das circunstâncias, os astronautas se prepararão para fazer sua primeira correção de meio curso. Ela deve ser precedida por vinte ou mais visadas sucessivas de sextante, cujas leituras cuidadosas de ângulo são administradas aos computadores. Finalmente, o computador da espaçonave lhe comandará a orientação — a direção para a qual o versátil foguete principal do módulo de propulsão será apontado. Com virar a espaçonave inteira, o foguete do módulo de serviço pode ser apontado na única direção exata em que pode simultaneamente fornecer-lhes quaisquer pequenos deslocamentos laterais bem como qualquer mudança na velocidade. Então, os astronautas executarão sua retrocontagem familiar e 22 000 libras de empuxo de foguete se desprenderão o bastante para dar à nave sua quase imperceptível correção. Outras correções serão, sem dúvida, acrescentadas posteriormente. Outras coisas estando equilibradas, quanto mais cedo elas forem feitas melhor, pois as trajetórias são mais “sensíveis” a correções efetuadas logo no comêço. Uma atitude tacanha, no tocante à correção, é necessária, porque o combustível do módulo de propulsão deve ser poupado — para o momento de uma correção de emergência ou uma manobra de encontro nas vizinhanças da Lua, ou na pior das hipóteses, para o regresso, por malôgro, à Terra.

Nas ações da espaçonave Apolo, é a inclusão da capacidade de realizar abortos bem sucedidos que ocasiona aos seus projetistas dificuldades extremas, em seu empenho de proporcionar aos tripulantes possibilidades de sobrevivência de 1000 contra 1. No caso de qualquer dificuldade — desarranjo mecânico ou elétrico, explosão solar, choque meteórico, doença — o computador de bordo deve estar constantemente pré-computando trajetórias seguras de regresso à Terra. Deve estar pronto para dar instruções por que o módulo de serviço pode ser voltado e disparado na medida exata para realizar um rápido retorno à Terra, segundo uma trajetória que não só os traga ao trajeto correto e crítico para reentrada na atmosfera, como também para aterrisagem numa área acessível às forças de socorro. Na hipótese de que seja o próprio motor do módulo de serviço que tenha falhado, o motor do besouro levado na proa da espaçonave pode ser empregado para trazer a própria espaçonave de volta.

CAPÍTULO VIII

OS HOMENS

SE EXISTE um pensamento desagradável que irrita todos os três homens é a idéia de um abôrto — a interrupção abrupta da missão com um desesperado jato de fôrça motriz e o desvio da nave em direção à Terra. Sentem forte aversão por isso, porque privaria de propósito os esforços de vários anos passados. Significa atalhar tôdas as dificuldades e cálculos meticulosos, que os fizeram chegar ao ponto em que estão, por meio de jatos de foguete — ou potentes ou moderados — desviando-lhes o rumo para uma nova trajetória, que se dirige geralmente para a Terra. Sabem que podem apertar o botão de emergência e que a Terra os trará de volta; mas isso pode não ser de uma maneira branda. Com os métodos grosseiros e a natureza de emergência das manobras de abôrto, êles vislumbram as perspectivas de uma aterrissagem num pântano tropical ou em mares gelados, a milhares de milhas das fôrças de socorro. E há também o risco de se incinerarem totalmente ou de fazerem curva longa demais dentro dos cinturões de radiação, mercê de erros de navegação.

Os abortos não são apetecíveis a um homem numa espaçonave, e por tal razão uma ordem de iniciar ação abortiva é uma das poucas ordens obrigatórias emanadas de terra a que os astronautas do Apolo devem obedecer. Os planejadores conjecturaram que poderia haver alguns casos em que o discernimento de um homem numa espaçonave não mereceria fé. Qual, perguntavam-se, seria a decisão de um piloto a um minuto da alunissagem, com sua reserva de combustível tornando-se um tanto marginal? Além disso, o tempo e o contrôle da execução

de algumas manobras de abôrto são problemas críticos de computação que, provavelmente, somente um vasto computador fixo, operando em conjunto com um diretor de missão resoluto, pode resolver.

Os planejadores sabem que depois de êles terem ultrapassado 140 000 milhas ou 24 horas no espaço, uma manobra de abôrto seria, de qualquer maneira, em grande parte inoperante. Do ponto de vista do tempo, os astronautas poderiam muito bem continuar avançando à volta da Lua e deixar que a gravidade dela ajudasse a pô-los num curso rumo da Terra. Naquela distância, perigosas tempestades de radiação solar ou transtornos resultantes de choques meteóricos teriam tempo de sobra para fazer estrago.

Nos primeiros dias do programa espacial da América do Norte, a influência dos missilistas sobrepujou a dos aeronautas. Os missilistas estavam inclinados a vetar a idéia de enfiar um homem mole, úmido, em seus intrincados dispositivos. Parecia que se, de alguma maneira, se permitisse aos homens que fôssem, seria de má vontade: êles seriam atulhados em foguetes já abarrotados de componentes mais importantes e seriam disparados e comandados por rapazes engenhosos a comprimir botões numa casamata. Seus espaçonautas sentariam, amarrados e inermes, em suas desoladas máquinas e teriam quase tanto contrôle sobre seu comportamento quanto uma formiga sobre um tijolo arremessado.

Isso deve ter causado alarma num vasto grupo de cavalheiros que pelo menos trinta anos antes do Projeto Mercúrio, vinham trabalhando em idéias para espaçonaves. Êstes, naturalmente, eram os meninos de sete a doze anos de idade, que passavam centenas de horas desenhando aeronaves a foguete, preocupando-se com elas, modelando-as em argila, e acumulando vasta experiência. No curso de seu trabalho, êles anteciparam quase todos os característicos do pensamento aeroespacial moderno — asas em curva e em delta, motores agrupados, foguetes em meia cana, fuselagens semelhantes a garrafas de Coca-Cola, módulos — e o fizeram casualmente sem se preocupar com o Registro de Invenções. Uma particularidade sobre os desenhos dêles: tinham uma aura em derredor, um estilo. Não eram calculados cuidadosamente, pois, para os seus projetistas, a Matemática era uma maçada. Em vez disso, o trabalho e o planejamento da missão eram feitos por intuição, como tantas boas coisas são, e com o concurso de uma visão que se alojava no fundo de suas cabeças e que lhes comandava as mãos.

Havia também certas outras limitações à condição de sua arte:

— Isso parece excelente, rapaz. Que é que o fará funcionar?

— Bem, basta você puxar esta alavanca — diriam, embora sabendo que era uma má resposta.

Com o advento do Projeto Apolo, a respiração de tais pioneiros da Missilística deve ter-se tornado, sem dúvida, novamente mais fácil. O Homem acabou sendo confirmado nos programas do X-15 e do Mercúrio, é um elemento destro como piloto e raciocina depressa quando as máquinas executam deficientemente o trabalho. Os lançamentos do Mercúrio, com Glenn, Carpenter, e Cooper, poderiam ter terminado em desastre não tivessem seus pilotos assumido o controle. Cêrca de um têrço dos vôos do X-15 teve desarranjos em sua maquinaria bastante para destruir o aparelho não fôsse um homem a bordo para arranjar uma saída do apuro. Nos vôos do Mercúrio, ficou mesmo provado que parte da maquinaria se constituía em risco efetivo: apresentava interruptores e sistemas em demasia para preocupar os pilotos, quando êstes deveriam cuidar apenas do vôo. Experiências realizadas com exploradores lunares não-tripulados demonstraram que não era fácil fazer com que autômatos funcionassem; era quase impossível.

Análises estatísticas, no passado, revelaram que, numa viagem de ida e volta à Lua, empregando uma máquina inteiramente automática, as possibilidades de êxito são apenas de cêrca de 22 por cento, ou seja, de um para cinco. Mas êsses mesmos estudos indicam que, se um tripulante humano estiver junto para propiciar monitoria e controle, as possibilidades de êxito se elevam a cêrca de 70 por cento; ao passo que, se a êsse tripulante fôr ministrado treinamento acêrca de manutenção e êle estiver equipado com um mínimo de ferramentas e peças sobressalentes, as probabilidades de sucesso sobem acima de 93 por cento — mais que nove em dez. Além disso, mesmo que a alunissagem tenha de ser abortada, são bem maiores as probabilidades de que os tripulantes venham a sobreviver.

Entretanto, muitos cientistas respeitáveis argumentaram, com o acesor de Eisenhower, Kistiakowsky, que sondas automáticas não-tripuladas poderiam realizar quaisquer observações lunares de valor quase que tão bem quanto homens, e que poderiam fazê-lo a menor preço, e, naturalmente, sem risco de vida humana.

Podem-se construir cargas de instrumentos capazes de suportar, bem melhor do que o Homem, os efeitos de choque, ace-

leração, radiação, calor, frio e vácuo. Além disso, não precisam ser providas de complicados sistemas de manutenção de vida e de atmosfera, nem de cascos pressurizados, trajes espaciais, alimentos, água, ar condicionado, ou treinamento. E o que é mais importante: não há necessidade imperiosa de fazê-las regressar. Podem permanecer no seu meio ambiente hostil durante anos, informando pelo rádio, à Terra, seus achados ou podem perecer sem causar mais que um sacudir de ombros.

Os argumentos contrários sustentavam que, não importando quão formidável fôsse a tarefa, seria ainda mais fácil colocar um homem na Lua do que desenvolver instrumentos de controle remoto para realizar até mesmo aquelas poucas tarefas que um homem poderia levar a cabo, equipado unicamente com um martelo de geólogo. Por exemplo, com um relance de olhos pela superfície lunar, um homem poderia efetuar um trabalho de investigação científica mais valioso do que dúzias de instrumentos diferentes. Em segundo lugar, foi debatido o princípio de *serendipity*: descobrir coisas que não se procuravam seria provavelmente um passatempo mais compensador do que descobrir coisas procuradas. Instrumentos, construídos para trabalhos específicos, não foram de muita valia em *serendipity*. Poderiam nunca ter descoberto os pequenos “pirilampos” que Glenn encontrou ao redor de sua cápsula, no seu primeiro vôo, e certamente que se não poderia contar com eles para descobrir algo assim como um objeto arqueológico.

Além dos pirilampos, o Mercúrio provou também algo de grande valor militar potencial: que um homem pode “ver” muito melhor do que a teoria ótica clássica sustentara ser possível. Porque a teoria ótica, preocupada com o sistema de lentes do olho não se deu conta do fato de que o olho de um homem não é o mesmo que uma máquina fotográfica. Antes, está ligado ao computador mais complexo do mundo, um computador capaz de generalizar a partir de dados muito limitados e repleto de uma vida de experiências extremamente variadas. Dessarte, o astronauta Gordon Cooper usou pequenas pistas que incidiam em sua retina — fumaça, uma linha, côr, movimento —, acrescentou-lhes intelecto e experiência e dessa forma “viu” um comboio ferroviário e um caminhão numa rodovia poeirenta, juntamente com outros detalhes supostamente pequenos demais para qualquer sistema de lentes tornar visíveis além de 100 milhas de altura. Depois de Cooper ter relatado isto, a maior parte dos cientistas — e alguns publicamente — apegou-se à opinião de que a experiência orbital de Cooper tinha-lhe embotado o cé-

rebro, ou pior que isso. Entretanto, membros da Escola de Medicina Aeroespacial da Força Aérea estudaram o assunto detidamente, inclusive a possibilidade de um trem e de um caminhão terem estado onde foram vistos na ocasião. Concluíram que não somente Cooper tinha visto o que informara como também que um homem especialmente treinado para uma tarefa de tal natureza superaria bastante, muito provavelmente, qualquer aparelho de câmara telescópica que pudesse ser construído.

De qualquer forma, a idéia de expedir instrumentos para fazer o trabalho humano parece insatisfatória a todos, exceto ao mais dedicado dos amantes de dispositivos. Mesmo que não houvesse nada de valor científico a ser encontrado no vôo espacial (e para quantas pessoas existe algum?), a opinião sólida-mente alicerçada na mente da maioria é a de que todos os vôos de instrumentos são meramente preliminares aos dos homens; que não há exploração *efetiva* até que o Homem pise o novo território, possa senti-lo e esquadrinhá-lo, e voltar para escrever relatórios sobre ele. Tudo isso vem quase a ser uma necessidade emocional, uma necessidade que não é satisfeita por exploração através de instrumentos, exceto para os cientistas.

Mas a decisão de enviar homens à Lua criou o problema seguinte: que espécie de homens deveria receber bilhetes para os vôos do Apolo? A melhor justificação racional para a missão era o seu valor científico; por isso, não deveria pelo menos um da tripulação ser cientista, talvez um cientista treinado para a tarefa de pilotagem? Os cientistas, naturalmente, endossavam êsse ponto de vista. Até mesmo um pesquisador notável ofereceu-se voluntariamente como administrador da NASA, James Webb, afirmando que estaria disposto a fazer uma viagem só de ida à Lua. Insistia em que se a NASA lhe desse razoável certeza de seu pouso na Lua e de sua sobrevivência lá por duas semanas, equipado com meios para transmitir suas descobertas à Terra, ele não se preocuparia com a volta. Êsse conceito de sentido único tinha, curiosamente, atrás de si, certa ponderável corrente de engenharia: John M. Cord e Leonard M. Searle, engenheiros de alto nível da Bell Aerosystems Company, apresentaram um ensaio explorando as possibilidades de empregar propulsores disponíveis para enviar à Lua uma cápsula tripulada leve, acompanhada por outras cápsulas contendo alimento, água e oxigênio suficientes para manter vivo o piloto durante um ou dois anos, tempo que os Estados Unidos poderiam levar a fim de desenvolver a tecnologia para trazê-lo de volta. As vantagens oferecidas por êsse novo empreendimento incluíam levar de vencida os

russos, bem como realizar observações científicas que seriam aproveitadas quando chegasse a ocasião de tentar trazer o homem — ou o seu cadáver — novamente de volta a Terra.

A opinião predominante na NASA era a de que pelo menos a primeira tripulação de astronautas do Apolo deveria constituir-se exclusivamente de pilotos. Para as missões iniciais, em todo caso, os pilotos poderiam receber adestramento científico, e não o inverso. Julgava-se que êsse tipo de trabalho esgotaria provavelmente as capacidades de até mesmo pilotos altamente qualificados e os nervos dos mais habituados a serem práticos em face da calamidade — homens, por exemplo, como os pilotos de provas experimentais.

Pois a NASA descobrira essa raça de homens chamada pilotos de provas experimentais, e se apaixonara por êles. Era certo que se constituíam num grupo notável, dos melhores que a América do Norte jamais produziria. Eram inteligentes, altamente instruídos, destros, competentes, arregimentados em épocas de grande perigo, psicológicamente estáveis, organizados, e excelentes espécimes físicos. Num mundo de especialistas trabalhando num projeto que exigia alta especialização e, no entanto, íntimo trabalho de equipe, tais homens demonstravam estar entre as pessoas mais versáteis da História.

No Mercúrio, a função do piloto foi ideada como sendo função secundária. Era êle considerado, em boa parte, como uma cobaia, sob o comando de terra, cuja função era determinar se o Homem poderia viver e trabalhar efetivamente naquele estranho estado chamado de órbita. A missão Apolo mudará tudo isso, visto que o piloto comandará a cápsula e a operação de pouso lunar. O fundamento lógico dêste sistema é o de que um piloto, aproximando-se das vizinhanças da Lua, estará em melhor condição de tomar decisões. Devido à sua proximidade do problema e às limitações do radar terrestre, suas estimativas da situação e dos riscos serão provavelmente mais fidedignas do que as de terrestres a 240 000 milhas de distância. Além disso, êle pode reagir mais rapidamente; um sinal de rádio leva cerca de um segundo e um terço para percorrer a distância da Lua à Terra, e leva outro segundo e um terço para que uma ordem de comando alcance a espaçonave — um total de dois segundos e dois terços de tempo perdido, que poderia ser fatal.

Os tripulantes do Apolo terão outra e importante tarefa, talvez a mais importante de tôdas. Serão reparadores e mecânicos de espaçonaves, para consertar ou dar um jeito em qualquer um dos quase inevitáveis desarranjos de provável ocorrência

a bordo da complexa espaçonave. Deverão estar tão intimamente familiarizados com cada componente dos sistemas da máquina quanto qualquer homem relacionado com o Apolo — fato de per si assombroso. Estarão habilitados a reparar o que quer que seja, desde computadores até furos ocasionados por meteoritos, ou, se não puderem reparar, estarão capacitados a tomar providências para minorar o problema: usar uma régua de cálculo se o computador não funcionar, ou, nos casos mais graves, abortar a missão.

Assim, a classe dos astronautas está surgindo como o mais versátil grupo de indivíduos que jamais será reunido na Terra; espera-se, de cada um de seus membros, que combine as habilidades de piloto de provas, engenheiro, cientista, mecânico, navegador celeste e explorador. Cada qual deve estar apto a fazer uso de qualquer desses talentos, rapidamente e sob extrema urgência e tensão. Cada qual deve ser bastante vigoroso, física e mentalmente, para atuar com segurança estando sob compulsão de cargas de gravidade, calor, solidão, mal de radiação, fadiga e tensão psicológica de grande e longo período de perigo, restritamente confinado com um ou dois companheiros.

As qualidades mensuráveis iniciais exigidas dos candidatos a treinamento astronáutico pelo Centro de Espaçonaves Tripuladas da NASA, em Houston, são as seguintes:

1. Deve ser piloto de provas experimentado, com 1 500 horas em jatos, e haver alcançado categoria de vôo experimental de prova na indústria, na NASA, nas forças armadas, ou por ter-se diplomado numa escola militar de pilotos de provas.

2. Deve possuir diploma de ciências físicas ou biológicas ou de Engenharia.

3. Deve ser cidadão dos Estados Unidos, com menos de trinta e cinco anos de idade, na ocasião da seleção, e menos de seis pés de altura.

4. Deve ter sido recomendado pela organização à qual pertence.

A rotina da NASA consiste, em primeiro lugar, em entrevistar os candidatos que preenchem esses requisitos e submetê-los a exames escritos sobre seus conhecimentos científicos e de Engenharia, eliminando desse modo talvez dois terços dos candidatos. Depois disso, realiza-se um exame médico intensivo por uma equipe de especialistas. No seu desenrolar, eles são submetidos a tensões físicas idênticas às que são encontradas

em vôo — cargas gravitacionais centrífugas, calor, frio, vibração, isolamento, imponderabilidade, queda.

Do grupo de candidatos remanescentes dessa triagem é feita uma seleção final do número necessário de astronautas, com ênfase na experiência sob condições de vôos de ensaio, maturidade, inteligência e algo denominado “motivação”.

Motivação é uma palavra mágica em Houston e o homem altamente motivado é o mago que pode realizar façanhas de perícia e complexidade estranhas, sob condições adversas. Os psicólogos da NASA, por exemplo, encerram seus astronautas durante dias em câmaras minúsculas, escuras e à prova de som, e, devido à sua motivação, eles permanecem calmos, ativos e precisos em tais situações de privação sensorial que, em condições similares, arrastariam até mesmo os próprios psicólogos a delírio alucinatório ou indiferentismo letárgico e sono.

A NASA deseja que seus astronautas sejam veteranos com experiência de pilotos de provas experimentais, de acordo com a simples regra empírica de que se um homem enfrentou tal espécie de existência trepidante todos os dias e saiu-se com vida, tem de ser bom. E, também, ela deverá torná-lo melhor ainda.

Embora a NASA tenha reduzido a idade máxima para astronautas a trinta e cinco anos, dos quarenta exigidos dos primeiros astronautas do Mercúrio, isso foi feito principalmente para garantir que seriam bastante jovens para voar no Apolo e em outras missões que se seguiriam, e não por qualquer sentimento de que com quarenta ou quarenta e poucos anos, o astronauta fôsse velho. Muito ao contrário, a tendência da NASA tem sido a de enfatizar a maturidade, a experiência e a perícia que vêm com a idade. Achava ela que homens com menos de trinta anos provavelmente não teriam a experiência necessária para se tornar astronautas. Os astronautas russos, em contraste, eram jovens. A idade média dos sete primeiros astronautas do Mercúrio era de trinta e quatro anos e meio por ocasião da seleção; dos nove segundos, trinta e dois anos e meio. Todavia a idade média dos quatro primeiros cosmonautas russos era de somente vinte e nove anos, por ocasião de seus vôos efetivos, e nenhum deles era piloto de provas engenheiro. A maioria dos especialistas dos Estados Unidos acha que o valor de uma longa experiência como piloto de provas, e a maturidade, influirão ponderavelmente numa emergência.

Conquanto o Homem vá ser o piloto dessas novas máquinas, desenvolver-se-ão esforços para simplificar-lhe tanto quanto pos-

sível as tarefas de pilotagem, permitindo ao Homem e às máquinas executarem as tarefas para as quais estão melhor preparados. Muitas das tarefas de pilotagem, tal como o contróle de atitude, estarão sob comando automático a maior parte do tempo, de modo que a atenção dos homens fique livre para certas funções que exigem discernimento e para detecção de problemas à medida que ocorram.

Os astronautas do Mercúrio eram altamente proficientes quanto à nave em que voavam, tendo inclusive ajudado a projetar partes dela, mas os astronautas do futuro terão de conhecer ainda mais sobre o Gêmini e o complexo Apolo. Deverão estar intimamente familiarizados com computadores eletrônicos e radiocomunicações, foguetes, equipamentos de refrigeração e aquecimento, ligações, instrumentos, ótica e encanamentos. Dessarte, a principal diferença entre o programa de treinamento do Mercúrio e o que virá posteriormente é a crescente ênfase no chamado "treinamento de sistemas", no qual um astronauta aprende não só como um sistema funciona exatamente, mas como consertá-lo. Viverão os astronautas com os seus programas, presenciando a maioria das etapas de projeto e construção dos componentes, e ficando a par das inúmeras modificações. Os funcionários da NASA não esperam nunca ver, no programa espacial civil, algo que equivalha ao treinamento militar padronizado, em massa, de pilotos de aviões.

O treinamento acadêmico dos novos pilotos requer bem mais tempo do que no projeto Mercúrio, por causa da complexidade crescente das tarefas de navegação e pouso, bem como da exigência de os astronautas se tornarem exploradores e observadores científicos. Entre as matérias que lhes estão sendo ministradas, figuram navegação espacial, teoria dos computadores, mecânica de vôo, Astronomia, física da atmosfera superior e do espaço, sistemas de propulsão, Aerodinâmica, orientação e contróle, comunicação espacial, e Meteorologia. Instrução mais intensiva em geologia lunar, Química e assuntos correlatos será proporcionada a alguns desses homens de cérebro atulhado, ao se aproximar a ocasião de fazerem observações na Lua. Com isso em mente a NASA estabeleceu um acôrdo com o Observatório Lowell, perto de Flagstaff, no Arizona, para manter uma espécie de laboratório de treinamento de campo para seus astronautas. Os campos de lava e o terreno vulcânico das vizinhanças de Flagstaff, se constituiriam num valioso território geológico para exploradores lunares em potencial. Um tripulante, em cada vôo do Apolo, procederá de um terceiro grupo de astronautas candidatos,

alguns dos quais possuirão treinamento e habilidades científicas especiais.

Os simuladores assumiram papel cada vez mais importante no adestramento de pilotos espaciais, bem como na seleção de componentes e na ideação de técnicas de pilotagem. Estão atingindo, atualmente, níveis de complexidade e de alta fidelidade que quase nos levam a conjecturar por que será necessário voar no espaço, afinal. Alguns desses simuladores, por exemplo, construídos pela Link Division da General Precision Inc., em Houston e no Cabo Kennedy, são quase verdadeiras cápsulas Apolo, em que tripulações serão encerradas durante uma semana ou mais, para viagens simuladas à Lua. Para dar maior fidedignidade e rigor aos testes, a cápsula toda ficará fechada numa câmara de vácuo, escura como breu, com cento e vinte pés de altura, que reproduz a solidão e a natureza hostil do espaço. Os controles e instrumentos serão conjugados a um computador, juntamente com projeções externas do céu, com estrêlas, a Terra, a Lua, e veículos de encontro, cujo tamanho varia com a "distância", de maneira que os astronautas possam "navegar" e observar os efeitos de controles e correções de meio curso nas leituras de instrumentos, trajetórias e órbitas. Emergências serão simuladas por artifícios externos, exigindo ações corretivas ou reparos imediatos e acertados. Até mesmo os estrondos de propulsores e de separações de suas fases serão incluídos. Esses simuladores serão também conectados à rede mundial de controle e rastreamento, de modo que todos adquiram a prática de "observação" e comunicação com um voo do Apolo.

Para averiguar o complicado problema de quanto da árdua tarefa de descer de uma órbita lunar para pairar acima da Lua poderia ser feito pelo homem e quanto poderia ser feito pela máquina, foi construído em Langley um simulador denominado LOLA (sigla de *Lunar Orbit and Letdown Approach* ou Órbita Lunar e descenso de Aproximação), um dos dezesseis simuladores lá existentes. O LOLA propunha ao piloto o problema de uma aproximação das vizinhanças da Cratera Alphonsus a cerca de duzentas milhas de distância. Quatro modelos diferentes, variando em escala, são apresentados, um por um, a um piloto em descenso, por meio de televisão. As câmaras de TV se movimentam por sobre a superfície desses modelos, em resposta à manipulação dos controles do simulador, dando ao piloto impressão de ele ver o campo de aterrissagem lunar através das janelas do seu MEL.

Para substituir o LOLA no ponto em que deixou o piloto suspenso sobre o terreno lunar, uma enorme instalação externa de Pesquisa de Pouso Lunar foi também construída em Langley. A instalação, que tem 249 pés de altura, 400 pés de comprimento e 300 pés de largura, é uma estrutura em cavalete da qual podem ser suspensos aterrissadores de tamanho natural, propelidos a foguete, por meio de mecanismos móveis aéreos, que eliminam cinco sextos do peso do aterrissador. A começar do topo da estrutura, um piloto em descenso tem um espaço de manobra de 300 a 400 pés, no qual manobra alterando o empuxo dos foguetes reais.

Um simulador de pouso lunar permite aos astronautas pilotarem de fato um veículo de pernas longas, propelado a foguete, que simula as características do módulo de um MEL, durante um pouso a partir de 5 000 pés de altitude. Nesse caso, os motores do foguete, projetados unicamente para neutralizar a gravidade lunar, serão suplementados por um motor a jato dirigido para baixo a fim de eliminar parte da carga. Um desses simuladores será empregado em pesquisa na Base de Langley da Força Aérea, e outro no treinamento de pilotos na Base de Edwards da Força Aérea, na Califórnia.

Simuladores de encontro e acostamento, tanto para o Apolo quanto para o Gêmini, com cápsulas e alvos montados sobre cabos, em alguns casos, e sobre trilhos, noutros, serão usados em Houston, em Langley, e na Divisão de Colúmbia da North American, para pesquisa e instrução. Diversos simuladores de pesquisa, que reproduzem eletronicamente a aparência e a sensação do encontro e do pouso lunar, já estão em uso em várias instalações da NASA e em muitas firmas aeroespaciais.

Os mesmos, ou semelhantes, simuladores contrífugos e de desorientação, que foram usados no programa de adestramento do Mercúrio, proporcionarão aos pilotos experiência com as cargas de gravidade e com as sensações de queda que sofrerão, bem como com medidas para neutralizar-lhes os efeitos.

Um simulador de navegação, em funcionamento nos Laboratórios Ames da NASA, em Moffett Field, na Califórnia, é uma réplica da cápsula Apolo suspensa sobre mancais lubrificados a ar, de flutuação livre. O simulador literalmente flutua numa corrente de ar. Projeções de estrelas e planetas são visadas pelos aprendizes de navegação; são feitas computações; e então a cápsula é orientada pelo piloto, que lhe alinha os "foguetes" para "correções de meio curso".

Os pilotos adquirirão bastante prática com aviões de alto rendimento, tais como os F-104, de modo que possam manter proficiência de vôo, considerada ainda valiosa no assegurar que os pilotos permaneçam familiarizados com planejamento e controle de vôo reais e com a natureza arriscada do vôo, quer dentro quer fora da atmosfera terrestre.

Adestramento mais realístico para as missões do Apolo será conseguido mercê da colocação de veículos espaciais Gêmini em órbita, para realizar manobras de encontro e acostamento com fases do foguete Agena ou possivelmente maiores. Nesses vôos de treinamento básico para missões do Apolo, espaçonautas inexperientes serão acompanhados sempre por outro astronauta que tenha tido experiência orbital. Parece provável que os primeiros astronautas do Mercúrio serão utilizados por muito tempo ainda, não somente como instrutores no Gêmini, mas também, possivelmente, como pilotos-comandantes nos vôos iniciais do Apolo.

Embora os aspectos de condição física da carreira do astronauta muitas vezes pareçam ser importantes aos olhos do público, o adestramento nesse particular será deixado na maior parte aos próprios astronautas, como no caso do Mercúrio. A NASA está contando com a "motivação" para incitar os aprendizes de astronauta a escolherem qualquer programa de treinamento físico que julguem necessário e a dedicarem-se a êle. Mergulhos superficiais, com aparelho de respiração subaquática era o único treinamento físico do programa Mercúrio, e foi incluído porque parecia trazer benefícios potenciais, tais como controle da respiração, orientação, e também natação — importantes no pouso aquático da cápsula Mercúrio. Os russos, aparentemente, atribuem grande importância ao treinamento físico metódico no preparo de seus cosmonautas. Numerosos saltos de pára-quedas, calistenia, jogos e corrida são incluídos no programa russo.

Por outro lado, o conhecimento técnico de espaçonaves, e outras matérias, dos cosmonautas russos, parece ser mais restrito que o dos cosmonautas norte-americanos. De fato, pelo menos um dos cosmonautas, a Tenente Valentina Tereshkova, não foi intensivamente adestrada como piloto de avião.

Os astronautas do Mercúrio desempenharam uma função bastante importante no desenvolvimento e modificação dos sistemas da espaçonave e nos procedimentos operacionais, estabelecendo um padrão para o futuro.

Em algumas missões, especialmente nas missões do Gêmini, os tripulantes teriam ordens de sair da espaçonave durante o

vôo. Um dos componentes mais importantes que estão sendo desenvolvidos para essas operações chamadas “extraveiculares”, fora dos recipientes de pressão da espaçonave, são os trajes espaciais. Estes não somente fornecem oxigênio e pressão atmosférica para impedir que o sangue dos astronautas ferva no vácuo absoluto, como também dão alguma proteção contra o calor inclemente dos raios diretos do Sol e contra o frio absoluto das sombras; auxiliam outrossim a desviar os micrometeoritos e a radiação. A tarefa mais difícil do traje é a de proteção térmica, especialmente do calor adicional gerado pelo corpo e equipamento do astronauta quando ao Sol, e a de impedir a entrada da carga não-filtrada de calor solar. Em órbita terrestre, o calor irradiado pela Terra será também importante, enquanto que a irradiação da superfície lunar apresentará o mesmo problema ao grupo de alunissagem. Embora um objeto ensombrado torne-se extremamente frio no espaço — perto de zero absoluto — não existe ar para arrefecer o calor, que tem de irradiar-se. Isso, por sua vez significa que grande parte da superfície de radiação deve ser conservada ao abrigo dos raios solares ou que deve haver algum tipo de condicionamento de ar ou um aparelho de circulação de líquido para levar embora o calor. Para uso extraveicular na Lua, o Centro de Espaçonaves Tripuladas e a International Latex Corporation estão desenvolvendo um “macacão espacial”, de muitas camadas de película Mylar, aluminizada e altamente reflexiva, para desviar a radiação solar e lunar. Será vestido sobre o mesmo traje de pressão moderada usado na cabina. Um aparelho tipo mochila fornecerá oxigênio e água para resfriamento.

Hoje, os meteoritos são considerados, geralmente, como sendo o menor dos problemas para um homem em trajes espaciais, principalmente porque este oferece um alvo tão reduzido, que somente partículas do tamanho das de poeira o atingiriam nas ocasiões em que estivesse fora da nave — exceto quando se aventura a sair sobre a Lua, onde pode haver muitos fragmentos de superfície lunar a voar, arrancados pelo impacto de meteoritos remotos.

Durante períodos de intensa radiação, o homem em trajes espaciais voltaria para o interior da cápsula.

Uma das grandes dificuldades de meter um homem num traje espacial consiste em que, quando o traje é inflado com gás pressurizante, o tecido nas articulações dos braços, pernas e tronco assume a rigidez de um cilindro de metal. O astronauta mal se

pode mover. Nos trajes usados no Mercúrio, isto não teve muita importância, de vez que os trajes podiam ser adaptados à posição semifetal do astronauta num divã, com apenas alguns movimentos limitados e necessários nas articulações do braço. Era quase impossível a um astronauta andar num traje espacial do Mercúrio completamente inflado, traje que só seria inflado em caso de perda eventual de pressão na cápsula. Mas o traje do Apolo é uma vestimenta de trabalho — a única proteção que o homem tem quando está fora da nave — e, por conseguinte, deve ser muito mais cuidadosamente planejada.

Após meticulosa consideração das alternativas, os projetistas do Centro de Espaçonaves Tripuladas decidiram-se a favor do traje chamado “antropomórfico” para uso no Apolo e no Gêmini — uma vestimenta justa, de textura impermeável algo semelhante à usada no Mercúrio, em vez de algum tipo de armadura enrijecida. O traje antropomórfico é muito mais fácil de planejar-se e pode ser dobrado e guardado em espaço menor, além de ser mais leve.

O traje do Gêmini, em contraste, está sendo projetado com luvas e botas removíveis e um capacete macio que pode ser aberto — tudo para propiciar conforto na apertada carlinga de um Gêmini durante longos vôos. O astronauta do Gêmini poderá prover seu traje de abastecimento de oxigênio para quinze minutos e sair do veículo para efetuar consertos ou experimentos.

Normalmente, os tripulantes do Apolo viverão e dormirão vestidos em simples macacões — uma espécie de roupa de baixo comprida — e vestirão seus trajes no lançamento, no encontro e no pouso, por ocasião de níveis de radiação elevados e, naturalmente, quando saírem da cápsula no espaço ou sobre a superfície da Lua. Os dois tripulantes do besouro usarão seus trajes constantemente. Tais trajes não serão o sumo do conforto, mas alguns astronautas veteranos da América afirmaram que poderiam muito bem usar seus trajes espaciais durante a viagem toda. O conforto é coisa excelente, dizem, mas não há razão de expor-se a riscos para obtê-lo.

O traje será projetado de modo que possa ser vestido em menos de cinco minutos, em comparação com a meia hora que leva para vestir o traje do Mercúrio. Deve ser flexível o bastante para permitir que um astronauta suba através do estreito tubo de saída da cápsula do Apolo, carregando sua mochila de oxigênio e sistema de arrefecimento. A maior parte do tempo, estará ligado a um dos três orifícios de descarga para pressio-

namento do traje existentes na cabina do Apolo, por meio de uma longa mangueira. O fulgor do Sol no espaço, em arco, poderia ofender os olhos de um astronauta descuidado, pelo que os projetistas incluirão uma viseira móvel de vidro colorido, e talvez filtro de raios ultravioleta.

Como acontece em tôdas as missões tripuladas, os astronautas estarão equipados com vários "biossensores" — pequenos dispositivos que tomam a pulsação e a temperatura, e que transmitirão e informação, a uma distância de cêrca de 10 pés para um transmissor maior, na espaçonave, o qual a retransmitirá à Terra.

Outros dispositivos transmitirão informações sôbre a quantidade de oxigênio, a temperatura e a pressão no traje, e a voltagem da bateria — mochila. O próprio astronauta controlará os indicadores de pressão do traje, quantidade de oxigênio, radiação, nível de bióxido de carbono, e tempo em que deve ser feita a recarga da mochila.

A investigação intensiva produziu traje do Apolo com articulações de fole nos ombros, quadris, cotovelos e joelhos. Essas articulações mantêm um volume constante dentro do traje, de modo que o gás nêle contido não seja comprimido. Conjugado a uma atmosfera de pressão relativamente baixa, de três libras e meia de oxigênio puro por polegada quadrada, no interior do traje, isso possibilitará aos astronautas andar, subir escadas, e mesmo a tocar os dedos dos pés. Além das articulações flexíveis, juntas giratórias meticulosamente planejadas devem ser ajustadas aos ombros, aos pulsos e ao pescoço; têm elas engenhosos rolamentos de esferas vedados a ar. Uma rêde de tubos semelhantes a artérias, ramificando-se através de uma roupa de baixo, conduz água para esfriar tôdas as extremidades do residente.

A mochila do Apolo, talhada para ajustar-se aos ombros, conterà oxigênio suficiente para quatro horas de exploração fora da cápsula, ao fim das quais o astronauta deverá regressar para recarregá-la. Um instrumento denominado espectrômetro de massa medirá ininterruptamente o fornecimento de oxigênio para detectar níveis crescentes de bióxido de carbono e avisar acêrca de níveis demasiadamente elevados. Outro dispositivo de aviso a ser usado fora da cápsula será um dosímetro para medir quanta radiação o astronauta encontrou e, portanto, quanta pode ainda suportar. A mochila conterà também dispositivo de refrigeração e um rádio transmissor-receptor. Além da mochila, o traje terá,

na frente, um pequeno reservatório com suprimento de oxigênio para cinco minutos, que possibilitará ao explorador regressar à sua nave em caso de emergência.

Os pesquisadores estão submetendo a provas uma “mochila de automanobra” para uso espacial, equipada com giroscópios pesados, para dar posição no espaço a um homem imponderável, e com um pequeno jato a gás que lhe permitirá viajar curtas distâncias e regressar. Tal dispositivo seria inestimável para execução de qualquer espécie de trabalho útil em órbita.

CAPÍTULO IX

EM ÓRBITA E FORA DELA

SENTINDO refluírem-lhes dos ossos as tensões da carga gravitacional e do propulsor, os homens entreolham-se e relaxam um pouco, embora trabalhando firme. Chamados da Terra vêm pelos seus fones, o alívio dissimulado em comentários concisos. Os astronautas têm sua primeira vista panorâmica da Terra à medida que a nave se sacode lentamente de ponta a ponta, de modo que o motor ainda quente da terceira fase fica voltado para o Sol, protegendo-lhe a preciosa carga de hidrogênio fervente.

A nave deriva, durante uma hora e um quarto, ao redor de sua órbita. O computador se concentra em dados de radar provindos da Terra e restabelece a exatidão no sistema de orientação inercial, cujo delicado senso de direção tornou-se um pouco embotado pelas tensões dos últimos poucos minutos. Finalmente, todos os sistemas são considerados "aptos", o que é anunciado por inúmeras lâmpadas verdes nos painéis. Os homens olham demoradamente para a Lua nova, o seu alvo, antes que ela deslize novamente para a escuridão atrás da massuda proximidade da Terra. Quando ela desaparece, voltam sua nave outra vez, para alinhar-lhe a proa na direção do trajeto. A fase de hidrogênio transmite sinais sobre sua condição de prontidão. O computador começara a acender, alguns minutos antes, um pequeno painel no quadro do piloto, no qual aparece o número de minutos e segundos antes que a fase do S-IVB seja computada para reignizar e pô-los em sua longa trajetória lunar não-acionada. Os homens se acomodam em seus assentos, observando os números mutáveis da retrocontagem em néon. Juntamente com o pessoal de terra, o piloto confere em seus instrumentos as indicações de balanço, arfagem e guinada, com as mãos sobre a alavanca de

contrôle. Sensores e sextantes, a bordo da espaçonave, empenham-se em localizar os horizontes terrestres, estrelas, qualquer ajuda que possam obter nessas perpétuas horas de dificuldade. Então, quando a nave passa sobre aquele lado da Terra mais distante da Lua, a terceira fase se igniza uma vez mais.

As forças gravitacionais já familiares se intensificam novamente durante cinco minutos, à medida que a velocidade aumenta para 7 500 milhas por hora. A seguir cessam. A nave descreve espirais para fora, acima da linha terrestre, azul-alaranjada, do nascer do sol, e irrompe outra vez na luz solar causticante. Pouco depois, o alvo, a Lua, se ergue novamente acima da orla da Terra. Os contadores de radiação estalam, insistentemente, em sinal de aviso, por alguns minutos, quando a nave ascende pelo cinturão interno de radiação Van Allen. Então, os estalidos diminuem ao ingressarem, nave e tripulantes, no hiato entre os cinturões. Agora, o trabalho começa. Eles têm trinta minutos para cuidar do besouro antes de entrarem no cinturão externo de radiação, mais perigoso; a seguir devem recuar de volta à área protegida ao redor de seus assentos.

Enfiado dentro da seção ôca do adaptador cônico que liga o módulo de propulsão do Apolo com a terceira fase do Saturno, está o módulo de excursão lunar, que deve ser ajustado, ponta a ponta, ao topo da cápsula do Apolo, de modo que suas escotilhas se possam unir e o foguete principal do módulo de propulsão fique desimpedido para funcionar. O engenheiro de sistemas desamarra os cintos que o mantêm prêso ao seu coxim e desliza para fora com adestrada habilidade. Arrastando-se por meio de pegadores existentes na parede da nave, ele se introduz no corredor cilíndrico e manipula uma alavanca que deslastra a ponte cônica do módulo de comando, expondo uma escotilha externa e uma conexão para atracamento. Em seguida, o comandante descobre um par de comutadores no seu painel e liga um deles, detonando uma carga explosiva que faz abrir a seção do adaptador sob o módulo de serviço. As metades rompidas são atiradas longe. Depois, o comandante aciona o outro comutador, detonando ruidosos ferrolhos explosivos que unem os módulos de comando e serviço ao besouro. A espaçonave deriva livre do besouro, cujas pernas estão ainda ancoradas no foguete da fase superior.

O piloto dispara, repentinamente, os empuxadores, detendo a separação; depois, começa a girar em círculo a combinação do Apolo e do módulo de serviço até que a proa da espaçonave aponte diretamente para trás, em direção do besouro. Um pe-

queno jato dos empuxadores impulsiona a nave em sua direção. As reclusas de ar dos dois módulos se unem por meio de conexões de atracamento, do tipo macho e fêmea, que os guiam e os fazem encaixar firmemente um no outro; as ligações elétricas se casam e sinais começam a fluir entre as duas naves, unidas agora proa a proa. Mais ferrolhos explosivos são detonados para desprender a terceira fase inútil, e, ao mesmo tempo, a própria fase dispara automaticamente foguetes de freagem, que a expulsam da trajetória dos astronautas e a colocam de volta numa órbita em que, por fim, ela irá incendiar-se na atmosfera terrestre. O besouro liberta-se, proa a proa com o módulo de comando.

Os homens conferem a vedação hermética entre as duas naves, soltam uma válvula para igualar as pressões, e finalmente abrem, girando-as, as duas portas de escotilha. O engenheiro de sistemas se arrasta pela escada, entra no besouro e liga-lhe os dispositivos de navegação e computação — quase tão elegantes quanto os do módulo de comando.

O co-pilôto e o engenheiro de sistemas despem seus trajes espaciais e os guardam no tubo de saída; o comandante conserva seu traje, com a viseira aberta, para um caso de emergência. Os trajes espaciais são usados durante períodos críticos, quando alguma coisa pode acontecer, fazendo com que o gélido nada que cerca os tripulantes rompa a parede da nave e lhes arrebate a vida. O perigo está longe de ter passado, mas descobriu-se, há muito, que os homens devem ser mantidos em razoável conforto para funcionarem bem durante longos períodos. Já há bastantes tensões inevitáveis, que cobram seu tributo à reserva de energia física e mental e à perspicácia dos homens. A pressão da cabina é mantida a somente cinco libras por polegada quadrada, um terço da terrestre. A imponderabilidade e seus traumas constituem um ônus, tanto quanto a excitação e a tensão. Cada qual concorre para a ruína do desempenho — desempenho que será vital em várias ocasiões futuras. E, em diversas situações vindouras — notadamente o pouso e decolagem lunares — a fadiga será um problema, mesmo para êsses homens altamente treinados. Terão de passar muitas horas sem dormir, sob condições estrênuas.

A despeito de sua aura de ciência, a viagem lunar do Apolo será uma aventura cercada de riscos da pior espécie. Os três espaçonautas que se amarram aos coxins de aceleração do Apolo saberão que haverá pelo país, algarismos marcados em cadernetas e quadros-negros, compendiando as probabilidades desfavoráveis

ao seu regresso — ou ao regresso em condições em que poderiam provavelmente sobreviver pouco mais que algumas semanas.

Quando os engenheiros da NASA se dispuseram a verificar o que implicava uma excursão à Lua, ficaram a princípio estarecidos depois indecisos, e por fim, nervosamente confiantes em que poderia ser realizada — uma vez que se admitisse haver riscos inevitáveis. Como o Apolo teria de ter uma cápsula capaz de manter vários homens durante uma missão ao espaço profundo, que duraria mais de uma semana; como deveria estar aparelhado para reentrar na atmosfera terrestre; e como, não importando quão hábeis tenhamos sido em miniaturação, nunca havíamos logrado miniaturar um homem, parecia que esta cápsula de comando seria o item que determinaria o tamanho e as características de toda a máquina. Num exame mais acurado, os engenheiros viram-se empenhados na tentativa de idear uma máquina que mantivesse seus passageiros vivos em condições que somente Deus poderia saber.

A medida que o tempo avançava, parecia que todas as condições se tornavam cada vez mais adversas. Primeiramente, haveria os riscos do vôo de ensaio de maquinaria nova, jamais experimentada, de natureza incrivelmente complexa e numa excursão incrivelmente difícil. Os engenheiros da NASA se desiludiram com suas próprias tentativas de fazer funcionar convenientemente o instrumental automático, até mesmo em missões relativamente simples, como os disparos do Mercúrio tripulado. As operações necessárias para realizar a missão lunar seriam tão variadas e exigentes que os planejadores da NASA não tiveram outra alternativa senão a de fazer de homens os controladores principais — os pilotos de toda a missão. Isso significava que não haveria nem chimpanzés nem pilotos automáticos para arrostar o perigo dos primeiros ensaios das máquinas. Um homem teria de levá-la e trazê-la de volta, e se as coisas não corressem devidamente, pouco haveria, ao seu alcance, para ajudá-lo.

Diferentemente de um aeroplano, onde *pane* do motor era a falha mecânica mais temida, o Apolo estava repleto de sistemas cuja falha poderia arruinar a sorte do astronauta. Por exemplo, uma falha no sistema elétrico significaria uma das emergências mais críticas: uma ave literalmente morta sem meios de comunicação com a terra, sem sensores de navegação ou computadores, sem forças de comando, sem condicionamento de ar, sem instrumentação interna, sem meios de disparar os foguetes. Obviar isso implicava um fornecimento elétrico, dupla e triplamente “re-

dundante", de três células distintas de combustível e baterias múltiplas.

Teria de haver um sistema de controle completamente fidedigno, sem falhas no foguete de comando que acarretassem perda de combustível, como as ocorridas na maioria dos disparos iniciais do Mercúrio. As cápsulas do Mercúrio poderiam, contudo, ter reentrado a salvo na atmosfera terrestre sem controle de atitude após terem sido disparados os retrofoguetes. Um Apolo em viagem de regresso não poderia fazer o mesmo.

O sistema de meio ambiente da cápsula tem de ser absolutamente seguro, porque interrupção no fornecimento de oxigênio significaria sufocação antes de os astronautas poderem regressar. Uma falha no sistema de resfriamento poderia também ser desastrosa. Até mesmo tintas e plásticos têm de ser cuidadosamente selecionados, visto que muitos deles emanam vapores tóxicos, que se poderiam acumular no ar constantemente recirculado. As janelas da espaçonave tinham de ser de um tipo que filtrasse os raios ultravioleta, porquanto tais raios poderiam converter a atmosfera de oxigênio vivificante em ozônio mortalmente venenoso.

Felizmente, na maior parte do trajeto, durante a viagem de ida, a cápsula tinha a capacidade de "abôrto": os astronautas poderiam disparar seus foguetes de escape a qualquer tempo, quando ainda na primeira fase de propulsão, embora, se o fizessem, tivessem de suportar uma esmagadora aceleração de 20 unidades G; ou, se uma falha do sistema ocorresse a qualquer tempo depois disso, então o computador da nave estaria prevenido com uma trajetória de retôrno à Terra, e eles poderiam utilizar-se da propulsão do módulo de serviço para se colocar nela. Porém, tudo se torna tanto mais crítico quanto mais se afasta a nave da Terra. À medida que ela se aproximasse da Lua, os abortos se tornariam de pouca valia caso fôsse necessário regressar imediatamente à Terra. Os astronautas poderiam muito bem continuar ao redor da Lua e deixar que a gravidade os levasse de volta a uma trajetória de regresso à Terra — num tempo de vôo de, talvez, até duas semanas.

A manobra mais crítica de todo o espectro de dificuldade do Apolo será a tentativa de baixar verticalmente o besouro à superfície lunar, no tôpo de sua coluna de empuxo de foguete. Um pouso dessa natureza nunca foi realizado sôbre qualquer superfície com nenhum foguete. Motores a foguete aceleráveis, conforme os conhecemos atualmente, são difíceis de controlar: suas características de combustão variam a cada mudança de

seus níveis de empuxo. Por ocasião de uma alunissagem esse empuxo deve ser controlado com precisão para evitar que o foguete caia abruptamente sobre a superfície lunar e que venha a ficar irremediavelmente avariado. E o foguete deve absolutamente disparar quando fôr solicitado a fazê-lo.

Naturalmente, depois de o besouro pousar na Lua, a palavra abôrto terá pouca significação, conquanto os perigos hajam aumentado. Há, sobretudo, o problema do regresso à Terra: lançar por foguete, a 240 000 milhas do Cabo Kennedy, uma cápsula de várias toneladas, portadora de seres humanos, num espaço de tempo restrito e crítico, com pouca possibilidade de "suspensão" de retrocontagem. A seguir, deverá haver uma manobra de encontro nas vizinhanças da Lua, que terá de ser realizada com êxito antes de as reservas de combustível se esgotarem.

O mergulho meteórico de uma cápsula Apolo, de cinco toneladas em direção à Terra, exigiria uma quantidade proibitiva de combustível para retardá-lo substancialmente. Os planejadores do Apolo contam com a atmosfera terrestre para atrasá-lo até uma velocidade controlável. Isso constitui, porém, uma manobra altamente crítica, envolvendo navegação acurada, na qual a cápsula deve tangenciar a fina camada de ar terrestre bem na profundidade e ângulo corretos, ou então incinerar-se numa queda de 25 000 milhas por hora através da atmosfera. Cargas térmicas dez vezes mais intensas do que a reentrada flamejante da cápsula Mercúrio serão encontradas até mesmo no mais perfeitamente controlado dos vôos do Apolo. Pois embora a velocidade de uma reentrada do Apolo seja apenas 1,4 vezes maior que a de um Mercúrio em órbita, o aquecimento será bem maior — em parte porque a energia que deve ser dissipada sob forma de calor aumenta com o quadrado da velocidade, em parte porque a "vibração" térmica da reentrada dura mais tempo, e finalmente, porque um efeito calórico especial, devido à ionização das moléculas de ar, ocorre e parece aumentar acentuadamente entre a velocidade exigida para uma órbita terrestre comum de baixa altitude e as "velocidades de escape" desenvolvidas por uma cápsula a cair da Lua. Infelizmente, experiências realizadas com foguetes eletrônicos e de contrôlo não levaram a nenhuma fé otimista na capacidade de qualquer dos dois para dirigir a cápsula até o local adequado, particularmente depois de terem sido submetidos às longas tensões de lançamento e demorado vôo espacial.

Todavia, mesmo se toda maquinaria do Apolo funcionar perfeitamente, parece não haver alternativa no projeto senão a de

admitir um elemento de pura rolêta russa nessa aventura de homens vulneráveis e desamparados no espaço exterior, onde tôdas as forças parecem poderosas e sinistras e onde, de acôrdo com a evidência, o processo fundamental da Natureza aparenta ser o da colisão de um objeto contra outro.

Os vôos do Apolo, em contraste com os do Mercúrio e do Gêmini, serão a primeira excursão do Homem fora da umbela protetora da atmosfera da Terra e dos campos magnéticos, os quais têm sempre absorvido ou desviado todo o rigor da hostilidade interestelar. Geralmente, a radiação é considerada um dos mais temíveis entre os caprichosos agentes da morte que se emboscam ao longo do trajeto para a Lua. Por si mesmos os discutidos e de há muito temidos cinturões de radiação Van Allen parecem oferecer pouco perigo, de vez que o Apolo lhes atravessará as áreas mais intensas em tempo assaz curto. Os cinturões poderiam tornar-se perigosos sòmente se uma manobra de abôrto efetuada no meio dêles resultasse num tempo de permanência demasiadamente prolongado, ou se outras fontes de radiação, acrescidas àquelas recebidas nos cinturões, elevassem a dose de radiação acumulada dos astronautas acima do limite de tolerância.

Os raios cósmicos tremendamente poderosos do espaço profundo não são também muito de temer, embora tenham conseguido embranquecer alguns fios de cabelos de ratos e de homens que ascenderam aos confins da atmosfera terrestre em balões de grande altitude. Acredita-se que êsses raios cósmicos não se apresentem em quantidades suficientemente grandes para causar sérios problemas. Perdura, no entanto, a possibilidade de um encontro fortuito afetar alguma função vital.

O verdadeiro problema surge depois da travessia dos cinturões Van Allen, quando a nave penetra os múltiplos trajetos do espaço profundo percorridos pelas partículas oriundas de distúrbios solares — os núcleos de alta velocidade dos átomos de hidrogênio, chamados prótons. Elas avançam pelo espaço em longas línguas, emanadas das tempestades de radiação que amiúde ocorrem perto das manchas solares. Os prótons são extraídos do Sol, como sementes de melancia, por poderosos campos magnéticos nas manchas solares. Durante os piores distúrbios, que acontecem na média de um por quatrocentos dias, as partículas de radiação podem penetrar grossas blindagens, de muitas polegadas de espessura. Durante distúrbios um pouco menos intensos, que ocorrem cêrca de dez vêzes por ano, nos piores anos, elas têm potência suficiente para atravessar a parede razoavelmente espêssa de uma espaçonave, provocando saraivadas de

perigosos raios X e de nêutrons chamados de “radiação secundária”, ao fazê-lo.

As tempestades de radiação maiores e mais perigosas podem ocorrer a qualquer tempo; porém, elevam-se a auges de frequência e intensidade em intervalos de 11 anos. Irônicamente, o próximo auge é esperado para o período de 1967-1969 — bem perto do tempo para que estão programadas as missões do Apolo no espaço profundo. Ademais, alguns cientistas acreditam que os ciclos de 11 anos são apenas parte de outros ciclos solares, de 89 e 190 anos. Questão que preocupa os projetistas de espaçonaves é exatamente a de onde estamos dentro desses ciclos. Há evidência de que devemos estar muito perto do clímax de um deles; a maior parte dos planejadores do Apolo estão esperançosos de que o período 1956-1961 tenha representado um desses auges de longo ciclo, e de que o período 1967-1972 seja algo inferior em intensidade; outros, porém perfilham a opinião de que o último ciclo será ainda mais intenso. Em qualquer dos casos, as paredes da espaçonave Apolo foram projetadas para oferecer proteção contra as intensidades dos distúrbios solares do último ciclo — ou, pelo menos, para dar a segurança estatística de que os astronautas receberiam uma dose crítica de radiação em menos de uma missão em mil. Acreditava-se que a estrutura básica e o equipamento de bordo do módulo de comando seriam suficientes para propiciar essa proteção com o acréscimo de uma pequena quantidade de blindagem extra, sob forma da uma viseira transparente para os olhos. Os olhos são suscetíveis à formação de cataratas em níveis de radiação bem menores do que aqueles que o resto do corpo pode tolerar.

Esforços frenéticos têm sido desenvolvidos no Centro de Vôo Espacial Goddard, da NASA, em Greenbelt, Maryland, e em outros laboratórios espalhados pela América do Norte, como o do Dr. Van Allen, na Universidade Estadual de Iowa, para melhorar a capacidade de previsão de distúrbios solares, de maneira que uma missão possa ser cancelada ou abortada em meio-vôo, a tempo de fazer voltar os tripulantes ao abrigo protetor do campo magnético e da atmosfera terrestres. Até agora obteve-se algum êxito, mas não tem sido de molde a encorajar muito. Com examinar as manchas escuras e claras que se movem através do Sol e com observar variações nos campos magnéticos, interferência radiofônica e partículas carregadas da atmosfera superior, tornou-se possível prever um período perigoso com antecedência de cerca de um dia, em alguns casos até de quatro dias. Mas isto é simplesmente uma espécie de predição de “tempo nublado”, e pode ser um alarma falso, sem o aparecimento de quaisquer prótons solares.

A dificuldade com êsse tipo de alarma falso é a de que durante os períodos de clímax da atividade solar de 1967-1969, não haverá, provavelmente, muitos períodos de segurança a prever que coincidam com "aberturas de lançamento" adequadas e que garantam uma chegada à Lua sem risco de prótons. E em qualquer caso, uma vez que a espaçonave esteja nas vizinhanças da Lua, aviso com um dia de antecedência não daria tempo suficiente para fazer funcionar os foguetes de abôto e trazer a tripulação de volta. Sob tais circunstâncias, a dose recebida durante as duas passagens pelos cinturões Van Allen, acrescidas dos raios cósmicos poderosos e do constante feixe do distúrbio solar, poderiam acumular-se até exceder os limites máximos permissíveis ao organismo humano, causando enfermidade grave ou morte após o regresso do astronauta à Terra.

Ninguém sabe ao certo quais são os limites máximos do corpo humano, mas espera-se que os astronautas aceitem rotineiramente a possibilidade de níveis de radiação acima dos permitidos pela lei aos que trabalham com radiações em terra — níveis tão altos que sua pele poderia tornar-se avermelhada, e êles serem acometidos de náusea. Juntamente com a probabilidade estatística de o cálculo de vida do astronauta poder diminuir de um ou dois anos, é concebível que tais níveis possam causar algum dano genético, com a possibilidade de uma mutação algures na linha da descendência. Conquanto esta seja uma grave consideração no que concerne ao próprio astronauta e à sua família, não é considerada grave para a Humanidade, no sentido em que o é a radiação da bomba nuclear, porque a contribuição de genes alterados para o acervo genético total da Humanidade seria insignificante. De qualquer modo, depois de exposição a qualquer radiação que se aproximasse da dose crítica, um astronauta seria proibido para sempre de efetuar vôos espaciais ulteriores.

Os investigadores estão estudando procedimentos pelos quais os astronautas possam acaçapar-se numa bola ou se amontoarem no caso de um distúrbio solar nocivo prestes a ocorrer, obtendo assim certa medida de autoblindagem para os órgãos vitais. Visto que decorre usualmente um período de cêrca de duas semanas antes de os efeitos letais da radiação se manifestarem, estão sendo estudadas técnicas para transplantação de emergência de medula óssea, e para tratamentos com drogas, dietéticos, com microondas contra a radiação, e de privação de oxigênio, após o regresso dos astronautas. Há evidência de que o oxigênio aumenta o efeito destrutivo da radiação sôbre as células. Como exemplo de descoberta possivelmente útil resultante do programa

espacial, a North American Aviation, no decorrer de tentativas para desenvolver um medicamento capaz de aumentar a tolerância dos astronautas à radiação, descobriu uma droga que talvez se revele benéfica no tratamento do câncer.

A seguir, há o problema dos meteoritos — milhões deles entrechocando-se no vazio existente entre a Terra e a Lua diàriamente, cada qual deslocando-se numa velocidade de 25 000 a 200 000 milhas por hora, dependendo de se estão em órbita ao redor da Terra ou do Sol ou de serem partículas de asteróides ou cometas. Acredita-se que, na maior parte, sejam partículas fôfas, como cinza de cigarro; que alguns sejam pedaços de pedras; e que outros sejam de ferro. Têm todos os tamanhos, e o menor deles poderá salpicar uma nave espacial, mormente se esta fôr apanhada por alguma das “saraivadas” que ocorrem anualmente perto da Terra e que têm sido detectadas, de quando em quando, no espaço profundo. Saraivadas maiores ocorrem a intervalos de aproximadamente três anos.

Felizmente, quase todos os meteoritos parecem ser poeira — ou partículas do tamanho de grãos de areia que, na pior das hipóteses, podem ser detidas pela engenhosa construção do “amortecedor de meteoritos” das naves espaciais. Não obstante, existe ainda o risco imprevisível de que a nave encontre um meteorito demasiadamente grande ou rápido para ser detido pelo seu amortecedor. Nesse caso, a estrutura de paredes duplas pode aumentar o perigo: material das paredes é então acrescido à quantidade de material que entra voando pela nave adentro e que pode atingir um tripulante ou um mecanismo vital. Os meteoritos podem causar outros transtornos também. Um dos que devem ser solucionados pelos futuros projetistas é a “propagação de fendas”: compartimentos de pressão ou tanques de combustível abrem-se ao meio ou explodem sob o choque de impacto de meteoritos. Isso é particularmente molesto no caso de tanques de combustíveis criogênicos, congelados ao ponto de se tornarem quebradiços. Para a construção de tais tanques, têm sido pesquisados metais dúcteis. Outro problema meteórico foi investigado pela Chance-Vought, em Dallas, Texas: ao adentrarem a cápsula, os meteoritos simplesmente explodem ao contacto oxidante da atmosfera do veículo. No experimento da Chance-Vought, foram disparados projéteis diminutos, a velocidades quase meteóricas, contra compartimentos pressionados contendo ratos. Posteriormente, abertos os compartimentos, constatou-se que nenhum dos ratos fôra ferido pelos projéteis, mas alguns estavam gravemente queimados pelo repentino lampejo da oxidação extremamente

rápida dos materiais das paredes do compartimento e da própria partícula.

As estimativas acêrca da quantidade de meteoritos a serem possivelmente encontrados num vôo típico de catorze dias ao redor da Lua variam. As autoridades mais pessimistas sustentam que, mesmo com um robusto amortecedor de meteoritos, é provável dar-se pelo menos uma penetração nesse período. Por outro lado, as autoridades mais otimistas afirmam que, com um amortecedor de meteoros adequado, o tempo médio entre as penetrações seria de até 156 anos. Houve indicações de que tanto a sonda venusiana Mariner, dos Estados Unidos, como a sonda marciana soviética, foram atingidas por meteoritos de bom tamanho durante seus longos vôos interplanetários. Os projetistas do Apolo, em prol da segurança, inclinaram-se para a predição pessimista de Whipple, que acredita que meteoritos perigosos serão provavelmente encontrados durante um vôo de catorze dias. Projetaram seus amortecedores de meteoritos em consonância com isso. Em qualquer caso, é evidente que quanto mais longa fôr a duração de um vôo, tanto maior será a possibilidade de uma penetração. Particularmente molestas são as grandes áreas expostas do radiador térmico de circulação líquida, da nave.

O empecilho real à blindagem contra meteoritos e radiação é, como sempre, o de excesso de pêso. Proteger completamente os astronautas dos perigos máximos demandaria mais blindagem do que a que pode ser mandada para cima, algo assim como 10 000 libras de polietileno. No que tange à radiação, não há atualmente meio de iludir a necessidade de grande massa de material — particularmente material de elementos mais leves — para reduzir os efeitos a níveis toleráveis. O engenhoso desenho do Apolo exige seja feita distribuição do alimento, da água, do combustível e dos mecanismos eletrônicos da cápsula ao redor das paredes do módulo de comando, para auxiliar a blindagem. Embora, durante um distúrbio solar, alguns prótons pareçam proceder de tôdas as direções, há evidência de que a maioria dos prótons perigosos procede da direção do Sol. Com um razoável aviso prévio, os espaçonautas podem reorientar sua nave de modo que a pesada massa do módulo de propulsão e a blindagem térmica fiquem entre êles e o Sol durante os distúrbios.

Outro perigo que acompanhará os tripulantes do Apolo será a prolongada imponderabilidade. Ficarão imponderáveis uma semana ou mais; a isso se seguirá uma reentrada esmagadora na atmosfera, quando seu pêso se tornará rapidamente dez ou doze vezes maior do que o normal. Tal problema, muito debatido, foi

exagerado e diminuído alternadamente. O cosmonauta russo Gherman Titov relatou ter sofrido náusea e vertigem após várias horas em órbita, atribuíveis aparentemente à desorientação do aparelho otolítico do ouvido interno. Os astronautas americanos não relataram tal problema. Os vôos mais prolongados dos cosmonautas russos subseqüentes não revelaram transtornos como os que Titov tivera, embora exames mostrassem alguma instabilidade emocional e de equilíbrio, e indícios de que seus organismos haviam começado a eliminar um pouco de seu cálcio estrutural.

A imponderabilidade traria um problema que não poderia ficar ignorado: o comprometimento da condição física do astronauta depois de ele ter passado algum tempo fora dos campos gravitacionais normais em que a Humanidade evoluiu. O esforço muscular de que os homens necessitam, consciente ou subconscientemente, na sua luta contra a gravidade, é reduzido, e os investigadores constataram sempre degenerescência tanto no tono muscular como no sistema circulatório de homens que passaram de seis horas a sete dias imersos na água. A imersão em água propicia uma simulação parcial da imponderabilidade pelo fato de o corpo não mais precisar lutar contra a gravidade para manter a circulação e a posição muscular. Na Base de Wright-Patterson, da Fôrça Aérea, um dos primeiros investigadores da imponderabilidade, o jovem Duane Graveline, passou uma semana dentro d'água, com apenas curtos períodos fora dela, para testes. Com o transcorrer dos dias, a cada vez que emergia, sentia-se mais e mais cansado, mais e mais ansioso por regressar ao agradável amparo da água. Após dois dias, seu organismo começou a eliminar quantidades crescentes de seu próprio tecido ósseo e muscular. Além disso, Graveline descobriu que a pressão sangüínea diminuía, bem como a resistência à fadiga e às tensões da gravidade. Os astronautas dos Estados Unidos, Walter Schirra e Gordon Cooper, tiveram seus índices de pressão sangüínea diminuídos e evidência de "estase" do sangue nos pés. Além disso, a capacidade do Dr. Graveline de executar tarefas típicas de pilotagem diminuiu durante suas imersões, com a ocorrência de muitos erros. Tal degenerescência atingiria a fase crítica quando o astronauta descondicionado tivesse de pilotar uma espaçonave sob condições de tensão, tal como nas proximidades da Lua, e piores ainda, como no pouso em terra. A medida que as fôrças de gravidade se desenvolverem, teme-se que não sòmente os astronautas fiquem incapacitados para executar seu trabalho, como também possam desmaiar sob a tensão repentina, pela mesma

razão que os pacientes acamados desmaiam amiúde quando ficam em pé pela primeira vez.

Para obviar o problema, êles poderiam ser aparelhados com torniquetes, à volta dos braços e das pernas, que fôsem alternadamente inflados e desinflados, para criar fôrças às quais o próprio sistema circulatório se poderia opor. Todos os tripulantes terão um regime de exercícios especiais a executar — exercícios isométricos ou do tipo “Charles Atlas”, nos quais um grupo de músculos se opõe a outro grupo. Isso não apenas fortaleceria os músculos como também obstaria a tendência do organismo de eliminar seu próprio tecido. Todos êsses problemas e suas soluções serão investigadas nos vôos, de duas ou mais semanas de duração, do Gêmini.

Um problema especialmente inquietante é o de idear alguma espécie de exercício que simule a tensão que os ossos experimentam durante a existência diária aqui na Terra. Ensaaios extensos da Fôrça Aérea, realizados com homens confinados a seus leitos durante longos períodos, demonstraram que os ossos eliminam grandes porções de seu cálcio tonificante ao cabo de dias ou semanas. Teme-se que, a menos que se possam descobrir técnicas de exercício extremamente eficientes, qualquer astronauta que tenha permanecido no espaço quatro semanas ou mais, terá subsequente, de convalescer longo tempo. Dessarte, como exemplo de “benefício indireto” do programa espacial, os médicos estão agora tentando fazer com que seus pacientes há muito acamados se levantem mais depressa do que nunca e os obrigam a exercícios enquanto ainda estão no leito.

Um aspecto interessante dos experimentos de Graveline, de imersão em água durante uma semana, é o fato de a necessidade de dormir reduzir-se, de modo que uma curta madorna basta, por dia, depois de o indivíduo ter passado alguns dias no tanque. Isto pode ser o único benefício a resultar das condições espaciais, porquanto, ao que parece, os astronautas terão de trabalhar longas horas em certas conjunturas de uma missão lunar.

Em acréscimo a êsses riscos explicáveis, durante o percurso da rota para a Lua, investigadores estadunidenses e soviéticos depararam ocasionalmente com efeitos que ninguém pode explicar: espécimes biológicos — especialmente plantas, insetos e leveduras — demonstraram casualmente mutações do gene grandemente aumentadas e regimes alterados de divisão celular durante vôos de grande altitude e orbitais — efeitos que não são aparentemente atribuíveis à radiação. As especulações foram de

que a imponderabilidade podia ter algo a ver com isso, mas tais efeitos nunca foram encontrados em laboratório. Conjetura-se também que a imponderabilidade prolongada possa levar a alguma forma de instabilidade mental.

Considerando-se todos êsses problemas, a única maneira pela qual o Apolo poderia funcionar seria como uma missão de risco admitido. Cautelosamente, os planejadores do Apolo deram isso a conhecer, sondando a tendência da opinião pública, visto que nos círculos oficiais tal admissão fôra considerada como infeliz e prejudicial à imagem internacional. Cientistas e engenheiros tinham de enfrentar a difícil tarefa de decidir exatamente quanto risco poderiam admitir em seus planos para o Apolo — risco que outro homem deve aceitar. As diretrizes anunciadas, ao que parecia realisticamente inatingíveis, exigiam uma probabilidade de 90 por cento de realização do pouso lunar na primeira tentativa, e uma probabilidade de 99,9 por cento de que a tripulação sobreviva, quer a alunissagem seja ou não bem sucedida. Quando se considera que os astronautas do Mercúrio lograram escapar por um triz mesmo de ameaças terrenas como o afogamento, pareceria impossível aplicar o fator de segurança de 99,9 por cento, típico dos aviões de passageiros, a uma missão lunar, e até mesmo as autoridades do centro da NASA em Houston admitiram que os algarismos estavam em boa parte destituídos de sentido.

E quanto aos próprios astronautas, seu único temor verdadeiro era o de que o programa do Apolo pudesse ficar tão preocupado com segurança que talvez nunca viesse a sair do solo. Como pilotos de prova, êles de há muito haviam aceitado o risco pessoal como parte de sua carreira, e o índice de fatalidade na experimentação de novos aviões evidenciava quão verdadeiramente importante era essa parte. O Coronel "Chuck" Yeager, o primeiro homem a transpor a barreira do som, o primeiro americano a fazer decolar um avião acionado a foguetes, e comandante da Escola de Pilotos para Pesquisas Aeroespaciais da Fôrça Aérea, na Base de Edwards da Fôrça Aérea, na Califórnia, sintetizou os sentimentos da classe astronáutica: "Vamos ter de outorgar a êsses sujeitos que realizam os vôos um pouco mais de autoridade para dizerem "Vamos agora mesmo", em vez de ficarem sentados à espera de que o Sol brilhe um pouco mais."

CAPÍTULO X

RECONHECIMENTO

ASCENDENDO, contra a gravidade da Terra, através da noite de três dias, o Apolo e seu besouro parasita voam para a face da Lua, que se agiganta. Os astronautas protegem os olhos do fulgor do quarto crescente oriental, para olhar atentamente a face ocidental, obscura, banhada somente pela luz da Terra.

De há muito se acostumaram à rotina, que dura os três dias de viagem. Revezam-se no vestir um traje espacial e manejar a estação do gestor de sistemas. Os tripulantes de folga, trajando macacões leves, andam pela cápsula, dormem, comem, fazem exercícios, conferem o equipamento e tomam infindáveis posições estelares. Recebem a maior parte do que comem e bebem de tubos compressíveis, com bicos. Algumas vezes por dia, cada homem executa uma série rotineira de exercícios — calistenia local, usando tiras de elástico para ginástica, bem como “contrações isométricas” que opõem um grupo de músculos a outro.

Do lado de fora das vigias está a escuridão final do espaço profundo, onde estrêlas enormes brilham sem piscar, em côres, e com uma dura frigidez que os homens presos à Terra jamais conhecerão. Ocasionalmente quando a cápsula manobra para visar uma estrêla, um clarão invade o interior suavemente iluminado, e um Sol, muitas vezes mais brilhante que na Terra, olha para dentro. Mais parece luz de arco do que qualquer outra coisa. Os astronautas evitam fitá-lo, pois seus raios ultravioleta não-filtrados poderiam queimar-lhes os olhos.

Para aliviar a tensão térmica, visto que um lado da cápsula é crestado pelos raios implacáveis do Sol e o lado ensombrado

pende para o frio penetrante do espaço, o piloto deu um movimento de "grelha" à nave — giros lentos e repetidos.

Ruídos fracos, mas persistentes, acompanham os tripulantes: o zumbido de giroscópios, um leve sussurro de inversores transformando a eletricidade de pilhas em corrente alternada, um silvo do ar refrigerado no traje espacial do homem em serviço. Periódicamente, uma bomba zune, uma válvula ou relé fala consigo mesma, um jato de controle geme, seguindo-se o suspiro da antena parabólica que se reorienta para a Terra. A cada poucos minutos, a Terra irrompe no alto-falante com uma mensagem, uma pergunta ou uma aferição de tempo; porém, a Terra já é um "êles" moderadamente interessante, e os astronautas são "nós".

Em algumas ocasiões, fazendo-os lembrar a linha exígua que trilham, ouve-se o estalido sinistro de um micrometeorito explodindo contra a nave. Quando o estalido é mais forte, os olhos de todos se voltam para o manômetro mais próximo, a assinalar a pressão da cabina, e em seguida percorrem apressadamente os outros mostradores.

De quando em quando, cada homem dá uma olhadela ao dosímetro que usa para ver quanta radiação seu corpo absorveu desde a partida. Felizmente, a Terra os avisará se línguas de fogo se projetarem do Sol; mas alguns satélites-robôs já encontraram nuvens de radiação, estranhas e desapercibidas, durante seus entrecruzamentos do espaço.

No decorrer das últimas horas do terceiro dia, êles dão suas dormidas de uma a cinco horas de duração, preparando-se para a longa vigília de quarenta horas que virá.

A Terra tagarela efusivamente e o falatório aumenta, embora seja agora mais fraco do que antes e misturado ao sibilar de fundo das estrêlas. O comandante acorda e se introduz no traje espacial. Suas mãos manejam as alavancas de controle. As leituras de altitude óptica e velocidade do co-piloto-navegador, tomadas por medições do tamanho do disco lunar, chegam a seus ouvidos aos borbotões, e êle as confronta detidamente, uma por uma, com as leituras de amplitude doppler e velocidade-amplitude que tremulam continuamente embaixo, nos mostradores do painel de instrumentos. O engenheiro de sistemas anuncia uma condição de "prossiga" no fiel motor do módulo de propulsão. O computador se anima com uma retrocontagem de minutos e segundos, de retro-ignição para descenso do Apolo a órbita lunar.

Atravessam e ultrapassam, nave e tripulantes, o limbo ocidental escuro, e a seguir começam seu balouço através da es-

curidão quase absoluta do lado distante da Lua, fora da vista do Sol, fora da vista da Terra. O falatório de terra, que se desenvolvera num crescendo nos últimos minutos, reduz-se prontamente a nada quando saem do caminho de seus feixes de ondas de rádio. São agora três homens e um computador, e a retro-ignição vai-se iniciar.

Por conveniência, pode-se imaginar uma trajetória lunar do Apolo como tendo duas partes: primeira, a longa fuga da Terra, de cerca de 200 000 milhas, na qual a espaçonave segue aproximadamente um lado de uma elipse centrada na Terra, reduzindo gradualmente a velocidade na sua viagem para o largo. Se a Lua não estivesse ali, a nave continuaria eventualmente a fazer a volta da elipse e regressaria a uma órbita mais ou menos permanente ao redor da Terra. Mas se tudo correr como deve, a nave se aproximará do ponto em que a gravidade lunar se opõe perceptivelmente à terrestre; a elipse começa a endireitar-se lentamente e então curva-se para trás, sobre si mesma, formando um lado de um algarismo oito. Até este ponto, são feitos cálculos constantes da posição da nave e algumas pequenas correções podem ser feitas na velocidade e na direção apontando o motor principal do módulo de propulsão para a direção prevista e fazendo-o dar rápidas rajadas. Entretanto, manobras dessa natureza, quando demasiadas, são um desperdício proibitivo de combustível.

Num ponto a cerca de 40 000 milhas da Lua, quando a nave está se deslocando a uma velocidade de cerca de 2 000 milhas por hora, ela atravessa a linha onde a gravidade da Lua ultrapassa a da Terra. Esta é a segunda parte da trajetória.

A nave cruza rapidamente o ápice da curva da gravidade da Terra e começa sua queda na bacia lunar, já não se movendo numa elipse terrestre, mas formando gradualmente uma elipse ao redor da Lua. A atração lunar acentua-se, firmemente, e a nave cai cada vez mais depressa, levando os espaçonautas consigo. O objetivo destes não é chocar-se com a Lua, mas evitá-la a orla. Enquanto navegam por detrás da Lua, a cerca de 6 300 milhas por hora, planejam dar um jato rápido de foguete de retardamento. Sem esse jato, a nave continuaria a voltar a Lua numa curva hiperbólica acentuada. Sua velocidade faria com que regressasse a um ponto em que a gravidade possante da Terra iria atuar novamente, arrebatando-a de sua órbita e trazendo-a de volta à Terra.

Ao diminuir, porém, sua velocidade para 4 000 milhas por hora, a nave entra numa órbita circular, a oitenta milhas acima

da superfície lunar. E desta segunda órbita de estacionamento ela pode desprender seu *ferry* lunar, ou módulo de excursão, que, freando ainda mais, começará uma longa descida inclinada em direção à superfície lunar.

Em tôdas as trajetórias que tais, o vôo é planejado de modo que a nave passe pelo bordo ocidental da Lua, o bordo esquerdo, quando a encaramos. Essa é a direção em que a Lua se move em sua órbita.*

Se a nave se aproximasse pelo leste, em vez de pelo oeste — isto é, alcançando a Lua, em lugar de cruzar pela frente seu trajeto —, a gravidade acrescentaria a própria velocidade orbital da Lua, de 2 268 milhas por hora, à da espaçonave, e, sem freagem, esta poderia ser atirada para fora do sistema Terra-Lua, numa órbita ao redor do Sol. Na verdade, os planejadores de trajetórias estão tentando aproveitar essa fôrça dos corpos celestes em movimento para acelerar a espaçonave — num efeito denominado de “roldana” ou “ioiô” —, com vistas a utilizá-la para guiar espaçonaves posteriores em longos vôos através do sistema solar.

Por questões de temperatura, alguns planejadores de missões prefeririam que as primeiras alunissagens do Apolo se fizessem quando a área respectiva estivesse iluminada somente pelo brilho

* Como os telescópios astronômicos apresentam ao astrônomo imagens invertidas, os astrônomos — homens práticos — habituaram-se a olhar as fotografias da Lua invertidas e a marcá-las com o Norte na parte inferior. Colocaram também, infelizmente, o leste no bordo esquerdo da Lua, para quem a confronta, a direção em que a Lua se move em sua órbita. A Fôrça Aérea dos Estados Unidos — constituída também de homens práticos, atualmente preparando um conjunto meticuloso de mapas da superfície lunar para ajudar os exploradores — percebeu as possibilidades de confusão para pilotos em serviço, nesta alteração daquilo que êles consideram como natural. Isso persuadiu a União Astronômica Internacional a adotar, em 1961, a disposição de que, para fins de mapas astronáuticos lunares, a Lua seria representada virada de 180°; o Leste seria Oeste, e o Oeste Leste. A confusão entre Leste e Oeste astronáuticos e astronômicos já começa a crescer. Para evitá-la, alguns passaram a denominar a direção em que a Lua se move “frente” e a direção oposta “traseira”. A dificuldade disso é que quase todos pensam que a frente da Lua é o lado que sempre defronta a Terra, e o lado traseiro o lado oculto. Usar os termos “bordo de entrada” e “bordo de saída” ajuda, mas as conversas sôbre direções lunares degeneram freqüentemente em sinalização de braços.

da Terra; é mais fácil aquecer um traje espacial do que resfriá-lo. Gostariam de efetuar as alunissagens quando a Lua estivesse passando do primeiro quarto para a primeira metade. Embora quase invisível da Terra durante êsses períodos, o quarto ocidental da Lua é de fato iluminado pelo brilho da Terra, em grau equivalente ao de uma lâmpada de 100 watts a cêrca de nove pés de distância. Infortunadamente, isto não é tão boa iluminação quanto parece, pois medições indicam que a maior parte da superfície lunar, particularmente nos "mares" de aparência convidativamente lisa, reflete luz de modo semelhante à rocha basáltica ou lava preta; ou como o negro de fumo, segundo alguns. O basalto é de um cinza muito escuro.

Uma série de experimentos foi realizada para a NASA nos quais pilotos de helicópteros tentaram efetuar aproximações visuais do grande campo de lava basáltica na região da Cratera Pisagh, no Deserto de Mojave, perto de Barstow, na Califórnia. Olhando a superfície por meio de filtros que reduziam a iluminação àquela que se acreditava se aproximasse do brilho da Terra sôbre a Lua, descobriram êles que as condições de iluminação só poderiam ser descritas como limites, para qualquer tipo de pouso. Duas alternativas se apresentam: uma é tentar colocar luzes de pouso no besouro. A outra é efetuar a alunissagem quando o Sol estiver cêrca de 28 graus acima do horizonte lunar. Isso proporciona sombras razoavelmente longas, de modo que o pilôto pode distinguir obstáculos em seu trajeto de alunissagem. Infelizmente, contudo, devido à ausência de qualquer atmosfera para difundir a luz, tais sombras se transformam, então, em problema: convertem-se em buracos muito escuros, nos quais não se pode distinguir nenhum detalhe. Os extremos de contraste alteram a definição e a percepção de profundidade, fazendo do pouso no virgem terreno lunar uma operação traiçoeira para um pilôto treinado em terra.

Várias outras restrições influenciam a escolha do lugar onde os exploradores lunares pousarão. Para manter a trajetória Terra-Lua simples e com pouco gasto de combustível; para diminuir a dispersão de fôrças de recuperação na volta à Terra, e, principalmente, porque o besouro não pode fazer mudanças extensas de plano orbital durante descenso e ascensão — o pouso lunar será feito dentro de dez graus ao norte ou ao sul do equador da Lua. Por razões complexas, ligadas à capacidade da nave de regressar à Terra, uma alunissagem do Apolo poderia ser feita, muito convenientemente, no hemisfério ocidental — o lado à nossa esquerda, quando o defrontamos, e o que será, provavelmente,

melhor explorado pelas naves de sondagem Surveyor e Ranger, não-tripuladas, as quais podem ser mais facilmente guiadas até êsse lado da Lua. Suas trajetórias são vôos diretos da Terra à superfície lunar, sem uma órbita lunar, e como o lado ocidental é a direção em que a Lua se move na sua órbita, esta, muito provavelmente, "se lançará sôbre" um veículo que atravessasse êsse lado. Os primeiros vôos do Apolo serão, ao que parece, numa estreita faixa equatorial, com cêrca de 350 milhas de largura e 1 000 milhas de comprimento, que se estende do centro do disco lunar, conforme o defrontamos, numa volta de aproximadamente 60 graus em direção, até a orla ocidental da Lua. Finalmente, porque a área parece oferecer interêsse geológico — uma planície bastante lisa, boa para uma alunissagem, bem como montanhas circunvizinhas —, os planejadores do Apolo escolheram, tentativamente, um local livre de raios de cratera, logo ao sul da cratera Kepler, numa área denominada Letronne Procellarum.

A medida que a experiência aumentar a confiança dos planejadores em sua habilidade para efetuar pousos na Lua, sua atenção se voltará, sem dúvida, para outras áreas prioritárias de interêsse lunar — a Cratera Capernicus, por exemplo, ou a fenda Ariadeaus, de 100 milhas de comprimento por uma milha de largura, logo acima da linha central, no hemisfério oriental da Lua. Provisoriamente, os planos exigem que as duas primeiras missões permaneçam na Lua por cêrca de sômente quatro horas. Embora muito dependa de fatôres técnicos relativos ao besouro e às suas mudanças de plano, poder-se-ia permitir, às duas alunissagens seguintes, permanecer até durante vinte e quatro horas, ao passo que as missões subsequêntes poderiam presumivelmente prolongar-se por uma semana ou mais.

CAPÍTULO XI

SAÍDA DE ÓRBITA

A RETROCONTAGEM chega a zero, e o módulo de serviço dispara, durante seis minutos, um longo jato de freagem, que reduz a velocidade, celeste — 6 300 milhas por hora — a orbital — 4 000 milhas por hora. Os astronautas ingressam na sua órbita, que circunda o equador da Lua, mas a oitenta milhas de altura.

Após longos minutos de deriva através da escuridão ao lado da Lua, sem contato algum com a Terra, os astronautas avistam novamente o Sol, e logo cruzam o círculo de iluminação — a linha da aurora lunar. Essa aurora sem atmosfera é bem menos espetacular do que o esplendor multicolorido do nascer do sol dos astronautas sobre a Terra, mas a luz, não só do Sol como também da Lua, brilha tão intensamente que os tripulantes ajustam vidros de côr às janelas, tão logo se põem a trabalhar para demarcar sua posição. Calculam o plano de sua órbita tomando como referência os marcos do lado distante da Lua, marcos há muito estudados e cartografados pelas diversas missões fotográficas, tripuladas ou não, que se iniciaram em 1959 com o Lunik III soviético, e terminaram com as intrincadamente pormenorizadas aerofotografias das características lunares, obtidas por foguetes Apolo numa série de vôos orbitais, tripulados, de cartografiação.

As demarcações mostram que o plano da nave se acha inclinado de aproximadamente meio grau a mais sobre a posição desejada. Para poupar mais tarde combustível e aborrecimentos ao besouro, a tripulação encarrega o módulo de serviço de efetuar a mudança de plano. O computador é informado do problema; a nave é orientada; o módulo de serviço dispara, um momento,

para o lado; e o plano orbital inclina-se, tangente, no seu eixo através do centro da Lua.

Quando a longa reta radial da Cratera Curie (errôneamente denominada, a princípio, "Montanhas" Soviéticas por intérpretes russos das grosseiras fotografias do Lunik III) se esgueira para o norte, dois dos homens se arrastam para o interior do besouro e começam a fazer-lhe a conferência dos sistemas. Robusto e algo sobrecarregado com sua dupla e tríplice redundância, o besouro foi feito para trabalhar e deve trabalhar a tempo.

Meia hora depois de injetados em órbita lunar, os astronautas uma vez mais avistam uma Terra em expectativa. Como um de seus primeiros passos, a antena parabólica do besouro faz uma chamada de verificação à Terra. Dois segundos e $\frac{2}{3}$ mais tarde, ela é recebida no módulo de comando, a dez pés de distância, após um salto curvo de meio milhão de milhas. Este relé circundante será o processo fundamental de comunicação na maior parte do tempo em que as duas astronaves estiverem separadas durante os próximos acontecimentos.

A aferição do besouro continua durante mais uma órbita de duas horas ao redor da Lua. Ao passar pelo local de sua alunissagem, os tripulantes se revezam ao telescópio do Apolo, examinando detidamente a área.

Então, ao passar uma vez mais pelo lado distante da Lua, o comandante e o co-pilôto vestem seus trajes de pressão e içam-se definitivamente para o besouro. Fecham as escotilhas que os separam da nave, antes de começar a ronda de mais uma de suas eternas aferições: curtos esguichos nos dezesseis empuxadores de controle de atitude do besouro, leituras de sistemas elétricos e de orientação automática, conferências diretas de rádio-comunicações com o módulo de comando, pressionamentos no principal reservatório de combustível, aquecedores do motor, computadores de navegação, radar, câmaras de televisão, holofotes. Inicia-se outra retrocontagem durante a qual eles abrem os fechos do acessório de atracamento que mantêm unidas as duas cápsulas. Um curto esguicho de algum dos empuxadores do besouro e as duas naves separam-se suavemente.

Uma das mais seguras e mais convincentes maneiras de ter uma idéia do que seja aproximar-se do fim da corda é "voar" num daqueles simuladores de alunissagem movidos a computador, tais como os que existem atualmente em muitos laboratórios pela América do Norte. Uma máquina dessa espécie é recomendada para castigar os ultraconfiantes ou como atração princi-

pal num parque de diversões. Deve ser recomendada, ademais, a quem queira chegar ao íntimo da controvérsia Homem *versus* máquina, pois um de seus objetivos é verificar o que o Homem pode fazer.

A máquina Grumman, por exemplo, com uma carlinga algo parecida à do avião, está instalada num aposento obscuro de frente para uma grande tela, na qual é projetado indistintamente o seu local de aterrissagem, assinalado (muito a propósito) por uma cruz. Por detrás da cruz, há uma longa projeção, em linhas de fuga, cujo propósito é dar-lhe sensação de alinhamento e altitude acima de uma "superfície" lunar. Você aterrissa mais ou menos a prumo, em linha reta e não horizontalmente.

Suplementando isso, você terá uma pequena tela de TV no seu painel de instrumentos, em cujo centro é exibido o local de aterrissagem, assinalado de novo com uma cruz, mais um círculo em movimento que representa sua nave. O círculo torna-se menor à medida que você fôr baixando.

No lado esquerdo da carlinga, você tem seis pequenos mostradores, que indicam, em pés, as distâncias vertical, horizontal e lateral do local destinado à aterrissagem, mais a velocidade, em pés por segundo, em que as está percorrendo. Na direita, há outros seis mostradores, que lhe indicam, em graus, a atitude da nave ao redor dos três eixos de cabeceio, rotação e guinada, e a velocidade, em graus por segundo, em que você está mudando cada um desses ângulos.

Abaixo da tela de TV há um mostrador que lhe mostra quanto do empuxo total do motor você está utilizando. Outros mostradores dão-lhe a altitude e a velocidade de descida. Dois outros informam quanto combustível lhe resta, tanto para os pequenos empuxadores que controlam a atitude como para os motores de pouso. Estes são os foguetes controláveis que lhe dão toda a sustentação para sua descida final na Lua. Pedem a você que imagine que os foguetes já lhe tenham reduzido a velocidade quase a zero, e o tenham deixado numa posição adejante, a cerca de mil pés de altura, mil pés de distância e mil pés ao lado, do local previsto para seu pouso.

Os foguetes de pouso têm combustível suficiente para exatamente dois minutos de flutuação acima da superfície lunar. São aceleráveis numa amplitude de 20 a 100% de seu empuxo fixado, por meio de uma alavanca que você segura na mão esquerda. Há também um computador simples, que põe em ação a força total do motor principal, para içar você de volta a uma órbita, caso as coisas não corram bem e você tenha de recorrer a abôrto.

Você controla a atitude do veículo em relação aos seus três eixos, e, conseqüentemente, a direção para a qual os bocais fixos do motor de pouso apontam, por meio de uma pequena e delicada alavanca de "contato digital", na sua mão direta, que se move para trás, para a frente, e de um lado a outro, para alterar guinada e rotação, exatamente como o faz a alavanca de um avião. Ela também gira para controlar o cabeceio, diferentemente do avião, que tem pedais de leme para cabeceio. Quando você estiver firmemente amarrado, informado da situação e do que deverá fazer a respeito, a carlinga será erguida a aproximadamente sete pés de altura pelos suaves cilindros hidráulicos que responderão aos seus movimentos de controle e lhe darão movimentos reais de guinada e rotação ao redor dos três eixos. O computador é ligado. A função dele é anotar calmamente a sua tóla brincadeira com os controles, computar os efeitos dela numa máquina de quinze toneladas, equilibrada na ponta de alfinete de um foguete de sustentação, acima de um corpo desprovido de atmosfera, com uma gravidade de um sexto a da Terra, e demonstrar a você as conseqüências de seus atos por meio do painel de instrumentos, da tela de TV, da posição da carlinga, e da tela de projeção.

As luzes se apagam, seus instrumentos luzem rubros e obscurecidos, você está mergulhado na escuridão, exceto pela cena lunar à sua frente, e, repentinamente, você se sente muito só. Ocorre-lhe, então, que esta é uma pequena amostra daquilo que irá acontecer — 240 000 milhas distante da Terra, sobre um mundo extravagante, lutando por sua vida dentro de uma fria máquina. Na verdade, você ainda não conhece metade da coisa, mas está prestes a conhecê-la.

Uma vez que você localize sua área de pouso, bem à esquerda na tela em frente, ao mesmo tempo seu círculo indicador, na TV, mostrará que você está antes e à direita dela. Por tentativa, você move a alavanca de controle um pouco para a frente e para a esquerda. Nada parece acontecer, nem no painel de instrumentos nem na tela à sua frente.

Você empurra a alavanca de comando mais firmemente para a frente e a mantém ali por um segundo. De repente, percebe que tudo foi para os diabos. Você está agora perdido, numa inclinação de quarenta graus para a frente e para o lado; todos os instrumentos estão se movimentando, cada qual numa direção diferente e em velocidade crescente; tanto as imagens na tela de TV como na tela de projeção cruzam em silenciosa disparada seu campo. Aterrorizado, você puxa a alavanca do controle para

trás, de vez que os ponteiros dos mostradores quase saltam de suas escalas. Pior ainda, nada parece acontecer para corrigir a desordem. Você acaba de aprender — pelo menos intelectual-mente — sua primeira lição de pilotagem espacial: que se trata de uma tarefa ponderosa. A comparação terrestre mais aproximada de como fazer pousar uma nave na Lua é a de tentar pilotar e atracar um grande transatlântico, que carece de muitas milhas para desenvolver velocidade total e de outras tantas para parar — exceto que o besouro pode ter essa trabalhosa qualidade em seis direções, ao passo que o transatlântico só a tem numa. Além disso — e esta é a coisa mais curiosa de tôdas para o piloto de avião ou transatlântico —, não existe nenhum meio viscoso, gasoso ou aquoso, para amortecer o movimento ou os erros — nada daquela resistência fluida, que se torna firme à medida que a velocidade aumenta e que proporciona ao navegador o delicioso primeiro momento de identidade com um elemento. Nem mesmo há, na mecânica celeste, o ponto de apoio que proporcione estabilidade ao vôo orbital. Pilotar o besouro é um esforço desesperado para desenvolver sensibilidade e intuição quanto ao que êsse bicho desajeitado irá fazer em seguida. Manter uma atitude correta já é, por si só, quase que um trabalho permanente. Para deslocar-se horizontalmente, o besouro deve ser inclinado na direção em que se deseja ir e ser mantido assim até que o empuxo diversivo do motor a foguete, assaz fraco, se firme e propicie um movimento perceptível na direção que se deseja seguir. Mas você não deve mantê-lo assim por muito tempo, pois a velocidade aumenta a cada instante. Nada há que o segure. Antes que você se dê conta, as coisas foram geralmente longe demais; desamparado como uma cadeira de balanço sôbre gelo, você vê passar por alto o ponto de aterrissagem, enquanto os instrumentos tremulam, os foguetes rugem e o pulso bate. E precisamente nesse momento chega aos seus fones o comentário enfastiado: “Você acaba de se espatifar.” Assustado, você olha de relance para um altímetro há muito ignorado e confirma o desastre: durante todo o tempo em que estêve forçando nos deslocamentos horizontais, você estava desviando os foguetes do alvo diretamente abaixo, e caindo, cada vez mais rapidamente, em direção à Lua.

Suando um pouco, você tenta novamente. Desta vez, é a multiplicidade de mostradores que o derrota. Há aquela crescente sensação de pânico quando você vê uma dúzia de ponteiros a sair de sua posição. Diga-me alguém que fazer! O grito mental encontra apenas o olhar frio dos instrumentos, que mexem seus ponteiros uma última vez antes de darem de ombros e

virarem ao contrário, no derradeiro aviso de desastre. Seu último ato foi de enregelar-se, procedimento algo mais fácil do que continuar lutando.

Refeito, e voando outra vez, desta feita com excessiva cautela, você acha que, se permanecer apenas sentado, quieto, sem fazer nada mais além de brandas cotoveladas, você se sairá bem. Infelizmente, seu combustível acaba a uma altitude de setecentos pés, e ouve-se de novo o comentário lacônico: "Você se espatifou."

Desanimado, você desce da carlinga e vai-se embora, resolvido a não mais se oferecer para qualquer pilotagem lunar.

Mais tarde, você ouve dizer que tal trabalho pode ser demasiado para qualquer um levar a cabo sem treinamento suficiente. A controvérsia Homem-máquina tem raízes em muitas considerações, muitas das quais não são simplesmente de engenharia. É difícil, por exemplo, avaliar até que ponto a insistência em colocar o Homem em espaçonaves é tão-somente parte do sentimento visceral de que, a menos que o Homem a faça, ela não poderá ser verdadeiramente explorada. Todavia, colocar o Homem na máquina acarreta um grande número de problemas. Ele deve ser encerrado num invólucro protetor, que o aqueça ou refresque, e que o proteja da radiação. As cargas de gravidade têm de ser mantidas dentro de limites restritos e geralmente só podem ser impostas com o homem numa única posição favorável; isto é, com as cargas exercendo pressão nêle da frente para trás. A espaçonave tôda deve, por isso, poder ser orientada para aquela posição. E, o que é mais importante, êle tem de ser trazido de volta. Comparado a uma máquina, o tempo de reação do Homem é muito lento; cansa-se facilmente ou se aborrece; distrai-se muito facilmente; não pode em geral fazer ou observar muitas coisas ao mesmo tempo, e raramente faz qualquer coisa duas vezes exatamente do mesmo modo. Por outro lado, é flexível. Se comete um êrro na primeira volta, pode tentar novamente — capacidade que é muito difícil de incutir numa máquina. Além disso, o Homem possui bastante "redundância" intrínseca: a incapacitação ou degradação de um músculo ou nervo usualmente só afeta o organismo em minúscula proporção. A máquina geralmente pára de funcionar quando uma de suas peças é avariada.

O Homem pode propor-se problemas como o de reparo de equipamento e encarregar-se de resolvê-los; e pode fazer investigações originais e imprevistas. Tudo considerado, a presença

do homem num veículo espacial é um grande negócio. Porém, entre os novos engenheiros de sistemas, que favorecem a automação, e a gente dos velhos aeroplanos tripulados, tipo Langley, existe ainda grande discordância quanto à amplitude do papel do Homem na cápsula — se êle ou a máquina pode executar o melhor trabalho de contrôle, dadas as restrições de pêso que sempre existirão. Os que estão a favor do Homem acham que o pêso adicional exigido para um pouso e um sistema de encontro inteiramente automáticos poderia ser melhor aplicado em combustível de reserva, para dar ao piloto humano um pouco mais de margem de êrro. Os que não confiam no Homem acham que sua única função valiosa durante o vôo seria a de vigiar a maquinaria para tentar localizar defeitos.

Hoje, a opinião corrente é a de deixar que o Homem execute a maior parte do trabalho de alunissagem. Mas para torná-la mais fácil, várias coisas podem possivelmente ser feitas. O grande número de mostradores num simulador de pesquisa como o do Grumman será combinado num ou dois instrumentos que darão indicações múltiplas num único mostrador — “leituras de êrro” que mostram o que você deveria fazer em vez daquilo que está fazendo. A seguir, o outro tripulante do besouro será solicitado a executar parte do encargo, como seja controlar a velocidade da descida enquanto o piloto se concentra na navegação direcional. Finalmente, o computador e a plataforma inercial a bordo podem ser designados para assegurar estabilidade automática à nave, quando as fôrças de contrôle forem removidas, e a mudança específica desejada, quando os contrôles forem movimentados. Além disso, em vez de dar a posição presente do veículo de pouso lunar, podem ser entrosados de modo a apresentar aos pilotos uma predição de onde irão colidir. Isso poderia ser sob a forma de uma apresentação na tela de TV ou de um ponto móvel projetado no pára-brisa do besouro. A predição mudaria a cada nôvo movimento de contrôle ou regulação de fôrça.

Indubitavelmente, poderão ser construídos computadores para cuidar de tôda a tarefa de pouso, mas o problema é o de que sua segurança seria bem menor que a de sêres humanos, e, portanto, inaceitável numa espaçonave transportadora de homens. Experiência recente com complicados sistemas eletrônicos de aviões a jato indica um tempo médio de operação, entre falhas, de sòmente dez horas. Além disso, em emergências imprevistas, falta à aparelhagem imaginação para tirar a nave da dificuldade.

Um grande problema persiste, contudo, no treinamento de pilotos humanos: não importando quão refinada seja a simula-

ção, utilizando dispositivos eletrônicos ou qualquer tipo de máquina propelida a foguete que efetivamente desça a terra, ela nunca pode ser totalmente realística. Ou você está voando dentro da atmosfera terrestre, com todos os seus efeitos amortecedores, ou então suas colisões são eletrônicas, não estão atravancados de maquinaria se despedaçando, faltando-lhes outrossim a perturbante compreensão de que, em vez de uma alunissagem, você poderia muito bem estar em vias de fazer o primeiro cemitério lunar.

CAPÍTULO XII

O PÔRTO HOSTIL

OS DIÁRIOS de bordo do piloto, em terra, registram mais de quatro mil horas de vôo a jato, duzentas horas no espaço com o Mercúrio, o Gêmini, e o Apolo, e outras quatrocentas horas de vôo espacial em simuladores de missão completa e dispositivos de encontro e pouso. Quando êle olha para baixo, para o terreno que estão cruzando, a rêde de rugas à volta dos seus olhos prolonga-se a meio caminho de suas orelhas. O piloto ergue os olhos para a escuridão à sua frente e pensa que, pela primeira vez na vida, está prestes a fazer uma aterrissagem sem se preocupar com as condições atmosféricas. Voltando o olhar para a Terra, êle pouco avista agora, a não ser nuvens a obscurecerem a face terrestre, dispostas em figuras e pontos serpeantes, com a fina película de oxigênio azul-escuro delineando-lhes os bordos. Mas aqui, sôbre a Lua, êle se dá conta de que, dessa vez, a visibilidade é excelente. Um pouco de nebulosidade ajudaria a avaliar as distâncias, refletiria alguma luz nas sombras insondáveis. Aproximando-se rapidamente da esfera lunar, êle contempla-lhe os antigos acidentes, com seus antigos nomes.

Êle prepara o computador e observa enquanto os sensórios ávidos do sistema automático fazem a nave girar, buscando o horizonte lunar. Apegam-se a êste e então giram outra vez ao redor de outro eixo, até que o foguete principal do besouro aponte diretamente para fora da Lua, quase em direção à Terra. Então o piloto e seu companheiro conferem a orientação de tôdas as maneiras que possam conceber. Alinham o sextante com os bordos da Lua e ganham um grau a mais de precisão em rotação e guinada. Procuram localizar uma estrêla conhecida para uma leitura, em seu cabeceio e passam a informação à plataforma

inercial. Os minutos e segundos antes de sua órbita tornar-se elíptica tremulam no pequeno postigo do painel de instrumentos do besouro. Ali, a 240 000 milhas distantes da Terra, êles estão prestes a dar à Humanidade uma prova viva de um dos grandes princípios da mecânica celeste de dois corpos, cuja simplicidade clássica compensa tôda a complicação dos problemas de corpos múltiplos. Pois, com apontar seus foguetes diretamente para fora do centro da Lua — sem tirar nem acrescentar velocidade à nave — êles podem mudar sua órbita circular em elíptica, com um perilúnio de apenas 50 000 pés acima da Lua. Esta elipse os fará contornar um apolúnio a 150 milhas no lado distante da Lua. A elipse será precisamente tão longa quanto o diâmetro da órbita circular, mas sua largura será menor. A beleza da manobra está em que êles farão tal excursão exatamente no mesmo tempo em que a nave principal, lá pairando à esquerda, completará seu círculo mais sereno. Assim, dentro dos limites de suas medições e maquinaria, deverão chegar precisamente a êsse mesmo ponto sôbre a superfície da Lua duas horas depois, a tempo de ver a nave principal passar por ali.

Assim seja. O foguete detona durante trinta segundos, impelindo-os firmemente para baixo, rumo à Lua. O radar doppler, de amplitude de velocidade, faz deslocar o mostrador, exibindo-lhes sua aceleração gradual e descida. As crateras lunares aumentam de tamanho e revelam mais crateras, mais crateras, crateras dentro de crateras dentro de crateras — um campo de pouso assustador. Misericordiosamente então, êles cruzam o limite e ingressam na luz terrestre, a qual desempenha a função do luar na Terra e esconde a aspereza dos contornos.*

Transcorrem minutos de silencioso obliquamento através da escuridão, à medida que mergulham no perilúnio; em seguida, começam a ascender de nôvo. Atravessam, bem ao sul, as misteriosas cúpulas e cristas arredondadas e as crateras quase perfeitamente hexagonais nas vizinhanças da Cratera de Gambart. A crista montanhosa meridional da grande Copérnico se estende no horizonte distante ao norte, com um de seus longos, leves raios prolongando-se na direção dêles. Êles cruzam a área de alunissagem uma vez mais; os sinais de rádio extinguem-se ape-

* O radar doppler mede as velocidades de aproximação com registrar mudanças na freqüência de seus feixes refletidos; em princípio, trata-se de algo parecido à mudança de altura de um apito de trem quando passa por nós.

nas começam, e êles ascendem ao apolúnio, nas suas duas últimas horas em órbita.

Seu radar localiza o módulo de comando acima e à frente dêles, muito distanciado para se delinear visivelmente naquela luz baça. Para ensaio, ambas as naves começam a acender suas luzes estroboscópicas, eletrônicas, de atracação, e mantêm visíveis uma da outra por mais de uma hora, conforme suas órbitas se cruzam no lado distante da Lua, com o besouro na frente, a ascender, depois a diminuir de velocidade e a descer, até que, em seu segundo cruzamento, cada qual identifica os contornos da outra luzindo à luz do Sol, a menos de uma milha de distância.

No momento em que começam a divisar a Terra novamente, os dois homens percorrem suas listas finais. De novo o computador lhes dá uma retrocontagem até o momento em que seus motores dispararão para tirá-los inteiramente de sua órbita elíptica.

Enfim, na octagésima hora após a partida da Terra, o besouro volteia novamente, apontando seus motores avante, ao longo do seu trajeto de vôo. Um medidor de âmbito-até-ignição começa a funcionar, seu ponteiro percorrendo a escala em direção ao zero. O comandante se esgueira até o seu assento para realizar o pouso mais difícil que jamais lhe caberá fazer. Quando a agulha do medidor de âmbito-até-ignição passa pelo zero, o computador põe em funcionamento os motores principais.

Êstes rugem aterradoramente durante quatrocentos segundos, anulando a velocidade orbital dêles e permitindo que a gravidade da Lua prevaleça e comece a atraí-los para baixo.

A nave reduz rapidamente a velocidade até quase parar. À medida que ela se inclina para baixo, êles reduzem o empuxo do motor principal e finalmente estabilizam-se com o foguete que ruge suavemente, deslizando a setecentos pés acima da Lua.

A descida é feita tão expeditamente quanto possível e com um ligeiro movimento para a frente, de modo a mantê-los em avanço, a salvo da poeira que começa a jorrar milagrosamente, de baixo para cima, à mordida invisível da rajada de seu foguete. Avançando, êles traçam a assinatura de sua trajetória por meio de um rastro de poeira progressivamente mais denso, até que, abruptamente, a cerca de quinze pés acima da superfície lunar, desligam o motor e caem de chapa sobre ela, afundando na poeira que envolve o Oceanus Procellarum.

A paisagem imaginária a que acabamos por chamar Lua — a paisagem irregular, pontilhada de cumes, de inúmeras pinturas, filmes e contos — não mais é, cientificamente falando, a imagem geralmente aceita. A aparência rugosa é, em grande parte, ilusão ótica. Segundo os Laboratórios de Jato-Propulsão do Instituto de Tecnologia da Califórnia, que dirigem o programa de exploração lunar não-tripulada da NASA, cuidadosas medições de sombras e das fotografias do Ranger indicam ser a Lua, mais possivelmente, uma lua de dunas — dunas de aclives ondulantes, suaves, poucas delas com inclinação acima de quinze graus, a maioria quase chatas, e tôdas cheias de perfurações de grandes e pequenas crateras, como se tivessem sido varridas por fogo de artilharia. Além de tal aparência, a Lua pode também parecer como que coberta de areia — um pouco como se neve leve e fôfa houvesse caído e amortalhado tôdas as arestas. Pode ser que existam grandes calhaus soltos, espalhados a êsmo, mas é provável que a maioria dêles tenha sido polida pelo efeito erosivo de incontáveis e minúsculas partículas meteóricas, no curso de milhões de anos. Talvez cada rocha tenha poeira amontoada junto de sua base, fundindo-a ao terreno circundante.

Conquanto bela, como o são a maioria das paisagens estranhas, a paisagem lunar terá como característica principal a monotonia — exceto para um cientista recém-chegado, cujo martelo de geólogo anseia por sua primeira amostragem nesse mundo estranho, nesse tempo estranho.

Isso é o que se julga seja a Lua — um mundo, um antigo planeta, quase tão grande quanto Mercúrio, arrebatada talvez de seu ciclo independente à volta do Sol por se ter aproximado demasiado da Terra. Foi talvez capturada pelo campo gravitacional mais poderoso da Terra e agora os dois planetas vão oscilando ao redor do Sol, presos um ao outro, a Lua entrecruzando, para cá e para lá, em curvas suaves, a órbita mais regular da Terra, treze vezes por ano. Ou assim poderia parecer ao observador imparcial situado no espaço. O homem terrestre prefere pensar que a Lua gira à volta da Terra.

Últimamente, tem-se verificado ressurgência de uma velha teoria, a de que a Lua, em vez de ser um corpo formado separadamente, foi certa feita arrancada da própria Terra, quando esta passava por um período de instabilidade gelatinosa.

Calculou-se, mercê do efeito exercido pela Lua sobre os movimentos terrestres, que o pêso lunar é de apenas um oitavo o terrestre. Avultando embora em tamanho, um quarto do diâmetro da Terra, a Lua parece ser surpreendentemente leve, in-

dicação de que provavelmente não possui muitos elementos pesados. Na realidade, se se admite que seja tãda formada de uma substância homogênea, a densidade da Lua se aproxima muito da do manto terrestre, a casca de pedra primeva que se estende logo abaixo da crosta até o ferro fundido no interior da Terra. Essa densidade está muito perto também da do tipo mais comum de meteoritos — os péticos. Tudo isso levou os cientistas a especularem que, como os meteoritos péticos, a Lua pode consistir principalmente de óxidos de silício e, ademais, que tal material talvez seja o material sólido predominante no sistema solar.

Mas a proximidade da Terra tem sido traumática para a Lua, de apenas um quarto do seu diâmetro. O círculo aparente que o satélite executa à volta da Terra não é um círculo perfeito, mas antes uma elipse. Algumas vèzes, êle se aproxima a uma distância de 222 000 milhas, outras afasta-se até uma distância de 253 000 milhas. Essa excursão de 30 000 milhas, o puxão e a soltura, conforme a gravidade da Terra adquire maior influxo e depois o perde, constitui uma violência para a Lua. Julga-se que sua superfície e seu interior estejam continuamente sob tensão, rompidos, talvez, e aquecidos pela curvatura que ela sofre. A Lua parece ter uma leve protuberância num dos lados, agora, conquanto o tamanho da protuberância esteja ainda sendo debatido; a gravidade terrestre apoderou-se dessa protuberância, atrasando a revolução da Lua, de modo que hoje ela apresenta sempre a mesma face à Terra. Salvo por algumas fotografias algo tôscas, o Homem nunca lhe viu o outro lado.

Após várias décadas de obscuridade relativa, a Lua emergiu para tornar-se o objeto mais intensamente estudado, fonte de inúmeras conjecturas, de quantos existam fora da superfície da Terra.

Para cada uma das classes de participantes do Apolo, o projeto oferece uma diferente atração. Para os engenheiros, trata-se de claro desafio; para os cientistas, êle trará respostas a alguns sérios problemas; para os astronautas, o que interessa são principalmente a aventura e o risco que propicia e para o público, que está pagando tudo — bem, êle é uma porção de coisas, talvez, e mais ainda.

O engenheiro está às voltas com seus problemas. Impacienta-o a falta de dados que o guiem na construção. Êle não sabe exatamente que espécie de máquina deverá construir para realizar um pouso bem sucedido na Lua. Não sabe, sequer, como é a superfície lunar. Quando iniciou seu trabalho de projetista, a opinião dominante era a de que havia muita poeira lá, ras-

pada da superfície por chuvas de meteoritos e variações extremas de temperatura. Alguns diziam que a poeira tinha centenas, talvez milhares, de pés de profundidade; outros acreditavam que não ultrapassaria, em média, uma polegada. Outros, ainda, afirmavam que as partículas de poeira estavam, na realidade, afastadas umas das outras, suspensas por uma carga de eletricidade estática contida em cada qual, carga gerada pela chuva de prótons solares sobre a superfície lunar. Durante a maior parte do planejamento inicial do Apolo, havia-se admitido que a poeira estava solta, mas gradualmente, em fins de 1963, a opinião da maioria dos investigadores começou a inclinar-se para o ponto de vista de que as partículas de poeira deveriam ter-se unido no alto vácuo lunar. À guisa de evidência, citavam experimentos em que vários tipos de poeira foram misturados em recipientes de vácuo. À medida que as moléculas de gás se desprendiam das partículas de poeira, estas subitamente se juntavam numa massa coesiva porosa. Um experimentador, o Dr. Thomas Gold, de Cornell, agitando cimento finamente pulverizado em condições de vácuo, obteve "castelos de fadas" vaporosos como teias de aranha — pequenas estruturas arbóreas, cheias de cavernas e espaços vazios, que não seriam capazes de agüentar muito peso. Outros investigadores, usando materiais e técnicas diferentes, obtiveram grumos mais firmes, conquanto ainda muito porosos. Os experimentadores norte-americanos de vácuo eram apoiados, na sua crença de que as partículas estariam agregadas entre si, por alguns radioastrônomos russos, cujas várias medições com ondas de rádio e radar pareciam indicar que a superfície era muito porosa; talvez um material duro, mas esponjoso, semelhante a rebôco, de dez a trinta centímetros de espessura, recobrando uma sólida base rochosa.

Essa questão da poeira — quanto dela existe, quão profunda é, e o que jaz debaixo dela — é de extrema importância para os engenheiros. Se a Lua fôr um enorme leito de poeira eletrostáticamente suspensa, o penacho do foguete de um veículo de pouso poderia simplesmente abrir um buraco de centenas de pés de profundidade na superfície fôfa, em que a máquina afundaria, seria engolfada, para nunca mais se erguer. Por outro lado, se houver apenas uma polegada e pouco de fina poeira, um ilusório e convidativo manto estendido sobre, e por entre, grandes nacos de lava partida ou fendas esboroáveis, mesmo assim ainda ocorrerão transtornos. Tal superfície, como o sabe quem já tenha visto um campo de lava, seria desigual a ponto de tornar quase impossível, a um veículo de alunissagem com pernas, permanecer de pé. Pelo menos uma perna escorregaria,

possivelmente, para dentro de uma fenda, ali se alojando. Haveria pouca probabilidade, então, de que pudesse ser endireitado pelos seus dois passageiros.

Todavia, a despeito de toda essa especulação, a Lua continua a ser um grande mistério para os engenheiros, que gostariam de algo mais do que teorias para poder tentar fazer com que homens cheguem vivos à Lua. Durante longo tempo, foram perseguidos por uma série de insucessos nas suas tentativas de enviar robôs para contarem como é a coisa.

Nos primórdios do programa lunar, os programas Ranger e Surveyor, de exploração lunar não-tripulada, estavam orientados no sentido de propiciar dados vitais sobre a superfície da Lua ao programa Apolo, para fins de engenharia. Àquela altura, quatro veículos Ranger adicionais foram encomendados aos seus engenhosos construtores dos Laboratórios de Jato-Propulsão, além dos cinco originais. Deveriam ser lançados durante 1964. Alguns dos Rangers iriam transmitir imagens de TV durante os seus últimos minutos de queda, antes de se chocar contra a superfície lunar. A par disso, alguns iriam também deixar cair uma grande bola de pau de balsa, contendo um robusto sismômetro; o conjunto teria sua velocidade de impacto amortecida a algumas centenas de milhas por hora por meio de um pequeno motor a propelente sólido. Ao sismômetro, se lograsse sobreviver, cumpriria dar indicações acerca das características superficiais da Lua. Medidores Geiger estimariam a radioatividade da superfície lunar. Infortunadamente, falhas nos foguetes, na orientação e na automação, impediram que os seis primeiros Rangers fornecessem qualquer dado que pudesse ser utilizado na construção da cápsula Apolo, em princípios de 1964. Rangers subsequentes, com equipamento de TV, foram planejados para propiciar uma série de fotografias conjugadas, de resolução muito alta, que poderiam dar informações sobre a superfície lunar, deveras úteis para o projeto do acessório de pouso do besouro.

Finalmente, um Ranger equipado com TV venceu 240 000 milhas e, a 31 de julho de 1964, fotografou com requintado brilho e luxo de pormenores a superfície lunar nas vizinhanças das Crateras Alphonsus e Guericke. As fotografias do Ranger pareciam revelar uma superfície assaz suave, embora com muitas crateras pequenas, brandamente arredondadas. Alguns interpretaram o formato e a profundidade dessas crateras como confirmativos daquilo que os projetistas do besouro estavam altamente desejosos de ouvir — que não existe provavelmente, sobre a Lua, uma camada de pó fino e solto de profundidade enorme demais.

Em vez disso, acreditavam alguns, o solo poderia ser como neve rangente, capaz de suportar com facilidade os pés de tamanho moderado projetados tentativamente para o MEL. Mas havia outras autoridades, igualmente eminentes, que sustentavam não revelarem as fotografias do Ranger VII tal coisa.

Entrementes, a sonda espacial do Orbitador Lunar foi rapidamente planejada: um veículo não-tripulado de cartografiação, a ser construído pela Boeing, que entraria em órbita ao redor da Lua e transmitiria à Terra, por televisão, fotografias, de ângulo aberto e estreito, da superfície. Os cinco orbitadores forneceria também informação sobre campos gravitacionais e distribuição da massa lunar, dados essenciais para os sistemas de navegação tanto do módulo de comando do Apolo quanto do Besouro.

Ainda mais importante do que esses veículos era o grande Surveyor, semelhante a uma aranha, que transportaria uma carga útil de instrumentos para um pouso suave, amortecido por foguete, na Lua. O programa se atrasou de mais de um ano, até meados de 1965, por uma série de transtornos com o veículo de lançamento Centauro, deixando os projetistas do Apolo perigosamente perto da data de conclusão dos componentes do Apolo sem dispor das informações de que tanto necessitavam acerca da natureza da Lua — a dureza de sua superfície, sua composição, radioatividade e fragosidade.

A cápsula de precisão do aterrissador inclui um sistema de TV de câmaras múltiplas para propiciar visão panorâmica da paisagem local, a par de acessórios óticos telescópicos para vistas mais pormenorizadas. Brocas de superfície extrairão amostras do solo lunar e as submeterão a uma porção de testes, transmitindo os resultados à Terra. Tais resultados propiciarão informações sobre a dureza da superfície e da subsuperfície, bem como sobre sua composição química. Outros instrumentos verificarão os campos magnéticos e a radiação, bem como a resistência de suporte do solo.

A despeito dos seus talentos, esses robôs são máquinas automáticas, de novel construção. Como tal, os proponentes do vôo tripulado consideram fato auspicioso elas poderem ser enviadas para um pouso lunar bem sucedido, fornecendo informações a tempo de auxiliar o Apolo. Todavia, não estão contando com isso.

Acha-se perfeitamente estabelecido que os espaçonautas a serem atirados à sua arriscada trajetória através do espaço para uma alunissagem, disporão de pouca proteção contra os perigos lunares. Não haverá atmosfera nem campo magnético como os

da Terra para desviarem a radiação solar e os meteoritos. A superfície lunar sofrerá o mesmo bombardeamento da espaçonave — embora algo diminuído, pois a própria massa da Lua desviará parte do perigo. Mas ela acrescentará, por conta própria, alguns outros perigozinhos. Certos cientistas acreditam que a superfície lunar emita raios X, arrancados às rochas e à areia pelas radiações solares.

Ademais, segundo os laboratórios Ames, da NASA, a fustigar a paisagem de aparência decepcionantemente êrma, é bem provável haver uma nevasca de fragmentos de matéria lunar, letais e de alta velocidade, desalojados pelo impacto de meteoritos. É possível que tais fragmentos sejam grandes. A maioria dêles se deslocará mais depressa do que balas de rifle. Não se sabe quão intensa há de ser a nevasca, mas um impacto de fragmento será mais provável na Lua que no espaço exterior. De qualquer modo, o estalido e o zunir de poeira lunar fustigando os trajes espaciais será provavelmente um som familiar aos exploradores da Lua, e de tempo a tempo tem-se considerado o uso de uma capa de cota de malha.

Os trajes lunares devem ter um poncho isolante, de muitas camadas de película Mylar revestida de alumínio, para proteger o astronauta dos impiedosos extremos de temperatura na Lua — cêrca de 239.º F. acima de zero, durante o “dia” de duas semanas, a 250.º F. abaixo de zero durante a “noite” (ou seja, cêrca de 132.º C. e -121.º C., respectivamente). As baixas temperaturas — em que os gases se liquiifazem, os lubrificantes se solidificam e a maioria dos materiais orgânicos se desfaz em pó — apresentarão os maiores problemas em coisas como trajes lunares e rastejadores lunares móveis. Os sapatos devem ser duplamente insulados a vácuo contra a superfície lunar, cujo calor faria um homem dançar e cujo frio lhe sugaria todo o calor corporal pelos pés.

Mas as bôcas dos geólogos enchem-se d’água à perspectiva de poder chegar a tal lugar inóspito. Geólogos e astrônomos são gente de controvérsias, que se sente muito feliz num mundo de zombarias e arengas sempre que suas teorias estejam envolvidas. E a Lua, dependurada ali tão torturantemente perto, abriga na sua casca secreta respostas que porão fim, de uma vez por tôdas, a uma porção de controvérsias geológicas e astronômicas — inclusive, talvez, a de como se formaram a Terra e os planêtas. Gerará certamente uma porção de outras questões lindamente controversas. Pois a Lua é um fóssil, um fóssil relativamente imutável, formado da matéria primordial do sistema solar. Não tem vento nem água, nem processos de solevamento de mon-

tanhas para apagar o registro de sua história, que é tão longa, ou talvez mais longa ainda, que a da Terra. Esta, com o seu clima, seus sollevamentos de montanhas, logra apagar ou revolver suas cicatrizes a cada cinco ou dez milhões de anos. Mas as principais alterações da Lua têm sido limitadas a formação de crateras e enormes derrames de lava que, por uma razão ou outra, jorraram para formar coisas como os mares escuros ou *maria*, que constituem os principais traços faciais do Homem da Lua. Sob tais derramamentos, ou talvez nêles mesmos, está escrita uma história do sistema solar, do mesmo modo que nas camadas sedimentares da Terra está encerrado o registro da evolução biológica.

Para ler essa história, necessitaremos de algo melhor do que sondas instrumentais não-tripuladas, não-seletivas e desprovidas de inteligência. Como disse o Dr. G. F. Schilling, da RAND Corporation: "Se desejarmos realmente investigar os problemas cosmológicos, os melhores instrumentos que deveremos planejar para usar na Lua serão provavelmente um medidor Geiger e um pequeno martelo — levados por um geólogo."

É improvável que um geólogo seja enviado no vôo inicial do Apolo, mas pelo menos um dos astronautas será instruído em Geologia antes de partir. Cada módulo de excursão lunar levará umas duzentas libras de instrumentos científicos, alguns dos quais serão ajustados pelos astronautas para transmitir informações à Terra após sua partida. Porém, as informações científicas mais valiosas procederão, provavelmente, das amostras trazidas para os geólogos examinarem — amostras selecionadas e catalogadas cuidadosamente pelo tripulante instruído em Geologia.

Os cientistas debatem, por exemplo, teorias acêrca da origem da própria Terra — as teorias do "bôlo de passas" e a da "bola de gôlfe". Durante anos, a explicação clássica para a criação dos planêtas era a de que uma estrêla que passou próxima do Sol arrancou-lhe uma imensa língua de gás flamejante. Eventualmente, o gás se esfriou e se condensou em borbulhas de matéria — os planêtas. Há poucos anos atrás, outra teoria granjeou aceitação: a de que os planêtas são simplesmente a aglutinação de uma vasta nuvem de poeira que estava outrora em órbita ao redor do Sol.

Os cientistas vão além, raciocinando que se a teoria da estrêla de passagem fôsse verdadeira, então os planêtas deveriam ter passado, em determinada época, por um estado em que eram borbulhas completamente fundidas. Durante êsse período, a

maior parte dos elementos pesados — e, em especial, o ferro predominante — deveria ter escorrido, juntando-se num núcleo líquido semelhante ao centro de uma bola de golfe. Por outro lado, se os planêtas se formaram com simplesmente arrebatada poeira fria, então os materiais pesados se teriam espalhado, primitivamente, a êsmo, por tôda parte, como passas num bôlo.

A Terra não é um objeto adequado para dirimir essa controvérsia, porque tem, de qualquer modo, um núcleo de ferro fundido. Há aquecimento suficiente no seu interior, mercê da desintegração de materiais radioativos, para mantê-lo fundido. A Lua, por outro lado, é menor — talvez pequena demais para conservar calor de sua própria radioatividade em grau suficiente para fundir ferro e mantê-lo em fusão. Sendo assim, tem ela um núcleo como uma bola de golfe, ou está a sua substância espalhada como passas num bôlo? Descubra-se isso e os geólogos poderão saber como os planêtas foram formados. Terão, pelo menos, material para novíssimos e agitados argumentos.

Os estudiosos da superfície da Lua têm também perdido o sono e a calma no tocante à questão de como a Lua adquiriu suas crateras. Dezenas de milhares de crateras, cujos tamanhos variam desde centenas de milhas de largura até as menores que podemos ver com telescópios — de cêrca de um oitavo de milha —, cobrem a face da Lua. Desde que, quanto menores, maior é o núcleo delas, devem existir centenas de milhares que não podemos ver. Mas o que são elas? São antigas bôlhas vulcânicas explodidas e afundadas, chamadas *calderas*, ou são simplesmente covas deixadas por meteoritos ao colidirem violentamente contra a Lua? A maior parte dos estudiosos concorda, de má vontade, que elas são as duas coisas provavelmente, mas, sendo geólogos e astrônomos, a maioria dêles também gosta de ir aos extremos. “Entre cinqüenta daquelas crateras nenhuma é vulcânica!” afirmam, ou, “Nenhuma, dentro uma centena, é meteórica!”; nunca nada simples, como: “São meio a meio.” A teoria meteórica tem seus principais defensores na América. O centro da teoria vulcânica está na Rússia, sendo o seu mais ardente patrono nos Estados Unidos o Dr. Jack Green, geólogo da North American Aviation.

Na verdade, Robert Hooke aparentemente iniciou a controvérsia tôda já por volta de 1665. Formou crateras diminutas, mas de aparência lunar perfeitamente aceitável, usando versões de laboratório dos dois métodos. Deixou cair projéteis na argila, obtendo boas crateras; e ferveu alabastro pulverizado em água, obtendo boas crateras. Os experimentos e os debates têm prosseguido desde então. Por longo tempo, os partidários do vulcão

pareceram levar a melhor, pois era difícil imaginar, se as crateras se originavam de choques meteóricos, não haver algumas crateras que fôsem extensos sulcos ou ovais. Certamente, nem todos os meteoritos acertariam a Lua exatamente na vertical, arrazoavam; alguns a atingiriam, provavelmente, de viés. No entanto, a maior parte das crateras está bem perto de ser redonda. Então, os partidários do impacto encontraram uma resposta para êsse argumento. Descobriram, através de experimentos, que, quando uma pelota em velocidade muito alta — deslocando-se a mais de 18 000 pés por segundo — atinge um alvo duro, produz uma cratera quase redonda, algo parecida às da Lua, não importando de que ângulo venha. A pelota parece simplesmente explodir no instante em que fere o alvo, e essa explosão escava uma cavidade hemisférica. Em tais velocidades, tanto a pelota quanto o alvo atuam como se fôsem fluidos. As crateras parecem formar-se quase que da mesma maneira que em fotografias de alta velocidade, quando gotas caem na água e então se imobilizam numa posição.

Nada, quanto ao aspecto telescópico das crateras, parece ser conclusivo no decidir a contenda. Por exemplo, o aparecimento de pequenos picos de montanha no centro de muitas crateras é explicado de dois modos. Os patronos da teoria meteórica afirmam que os picos estão onde o material lunar assentou, num como afluxo fluido para o centro, depois do impacto. Mas os patronos da teoria vulcânica indicam os picos como exemplos perfeitos do cone de cinzas que freqüentemente assoma no meio de uma *caldera* vulcânica.

Que são os compridos raios estelares das crateras Tycho e Copernicus? Apenas material esparrinhado pelo meteorito; ou apenas material esparrinhado por uma erupção vulcânica. Depende de com quem você fala.

Na realidade, há evidência positiva de que *algumas* das crateras, especialmente as menores, devem ser vulcânicas. Muitas delas ocorrem, em vários exemplos, numa linha cerrada ao longo de uma falha geológica aparente, quase da mesma maneira com que ocorrem na Terra. Além disso, em 1958, o astrônomo russo Kozyrev relatou observações telescópicas de uma emanção aparente de gás cintilante do interior da cratera Alphonsus. Ele e outros nos Estados Unidos relataram, posteriormente, diversas emanções semelhantes. Certos cientistas têm duvidado de tais alegações; no entanto, algumas delas estão documentadas com fotografias de espectrogramas cujas linhas coloridas parecem mostrar que alguma espécie de hidrocarboneto gasoso estava

de fato sendo emitido. Não só o norte-americano Green mas também os russos possuem atualmente longas listas de mudanças visíveis que êles sustentam terem ocorrido na superfície lunar em anos recentes — mudanças que também sustentam deverem ser o resultado de alguma espécie de atividade vulcânica.

Por outro lado, é difícil conceber que não tenha havido um vasto número de grandes choques meteóricos na Lua durante sua história de, digamos, cinco bilhões de anos. Existem na Terra umas trinta crateras sabidamente oriundas de impactos meteóricos em grande escala, localizando-se as mais notáveis no Arizona, na Alemanha, na África, e no Canadá. Embora sendo um alvo maior, a Terra mudou também muitas vezes sua face, obliterando muitas crateras meteóricas. Em qualquer noite clara, a gente pode ver meteoritos geralmente pequenos penetrarem a atmosfera. É provável também que em várias épocas de sua história a Lua possa ter atravessado cinturões ou enxames de meteoritos muito mais densos do que agora.

Todavia, qualquer que seja o caso, os investigadores não esperam encontrar muita dificuldade em determinar quais crateras são vulcânicas e quais meteóricas, tão logo cheguem na Lua. Um dos meios pelos quais poderão provavelmente sabê-lo será pela ausência ou presença de coesita ou cones fragmentados. A coesita é uma forma de quartzo que só pode ser formada sob grande pressão — 300 000 libras ou mais por polegada quadrada. Soube-se pela primeira vez a seu respeito depois de ela ter sido produzida artificialmente pelos russos. Recentemente, foi descoberta em estado natural, mas em ambas as vezes em crateras reconhecida ou supostamente meteóricas — a Cratera do Arizona e a Bacia de Ries, na Alemanha. Os cones fragmentados são jaças coniformes em rochas sólidas, formadas pelas ondas de choque do impacto de meteoritos.

Com medir, primeiramente, como a luz é refletida da Lua, e captar depois ondas de radar por ela refletidas, os cientistas concluíram que a Lua parece lisa às ondas longas de radar, mas escabrosa a ondas curtas luminosas, o que dá uma indicação da textura de sua superfície. O princípio, no caso, é o de que a mesma superfície tanto pode refletir nitidamente ondas longas, como um espelho, como dispersar ondas curtas, como um pedaço de rebôco. Os comprimentos de ondas implicados informam quão grande são as partículas que formam a superfície e qual o tamanho das covas ou asperezas. Os investigadores concluíram que as partículas sobre a Lua são predominantemente pequenas, do tamanho de grãos de areia ou cascalho, ou menores; qualquer “aspe-

reza" é medida mais em polegadas do que em jardas. Acreditam, entretanto, que devem existir muitas crateras rasas e lisas, e declives semelhantes a dunas, pequenos demais para serem vistos mesmo por telescópio.

Uma das coisas mais intrigantes da Lua, para os cientistas, é a sua mesma aparência, quando em Lua cheia — a uniformidade de sua iluminação, de extremo a extremo, difícil de ser explicada e difícil de ser reproduzida, com pouco "escurecimento de veios" ou efeito de modelação da Luz nos bordos. É principalmente esta aparência que levou os cientistas a suporem uma superfície porosa, coberta possivelmente de filamentos diminutos. A combinação das hipóteses de porosidade e de poeira gerou a teoria de Gold, de uma superfície lunar semelhante a "teia de aranha".

Se o que estas especulações sustentam fôr verídico, os primeiros astronautas lunares depararão um fenômeno visual muito curioso — um efeito de "halo". Permanecendo à luz do Sol, eles verão a luz mais fortemente refletida pela superfície lunar como oriunda de um halo que lhes circunda as sombras das cabeças. Essa luz refletida enfraquecerá rapidamente ao se distanciarem de tal halo, porque somente nêle a luz se refletirá até seus olhos sem se misturar com a obscuridade das sombras.

Apesar da constante chuva de meteoritos sôbre sua superfície, a Lua não está provavelmente ganhando pêso, e sim perdendo-o aos poucos. Experimentos realizados nos Laboratórios Ames indicam que a razão disso são projéteis de velocidade altíssima que, ao atingir um alvo, deslocam até 10 000 vêzes seu próprio pêso de material do alvo. Parte dêsse material pode ser arremessado a velocidade maior que a do próprio projétil original. Como a maioria dos meteoritos atinge a Lua a velocidades fantásticas, e como ela têm uma velocidade de apenas cêrca de 5 300 milhas por hora — pouco mais alta do que as velocidades dos aviões X-15, para escapar completamente à baixa gravidade da Lua, o material deve ser constantemente arrancado e atirado ao espaço. Muitos cientistas julgam que boa parte dos meteoritos que penetram a atmosfera da Terra são provavelmente pedaços da Lua. Certa classe de objetos encontrados na Terra, particularmente — pedras vítreas, semelhantes a botões, chamadas "tec-titas" — são considerados por alguns como sendo pedaços de material lunar que caíram na Terra, fundindo-se parcialmente durante seu mergulho na atmosfera.

Muitas autoridades inclinam-se para a teoria de que possa haver gêlo na Lua, existindo talvez em geleiras da subsuperfície,

onde poderia estar isolado das intensas temperaturas superficiais do “meio dia” lunar. A água se teria condensado de vapor oriundo do interior lunar, ao ascender à subsuperfície fria. Os pólos norte e sul da Lua podem ter, possivelmente, grandes quantidades de gelo mesmo próximas da superfície. Pensa-se que as áreas polares podem tanto ter picos de montanhas perpétuamente expostos à luz do Sol, como também vales adjacentes perpétuamente na sombra, isso porque os raios solares, não obstante a rotação da Lua, atingem sempre aquelas áreas num ângulo aproximadamente constante.

Através de observação cuidadosa da face da Lua e exames de fotografias, os cientistas concluíram que ela é constituída de várias camadas sobrepostas de material — torrentes de lava, material lançado das crateras para formar-lhes as coroas, e material que ali estava antes de a cratera ser escavada. Todos êsses tipos de material parecem diferentes ao telescópio. Além disso, acredita-se que tais camadas encerrem a história de tudo quanto aconteceu à Lua em épocas diferentes. Sofreu alguma dessas camadas tempestade de radiação particularmente intensa? Atravessou a Lua certa época uma tempestade de meteoritos? Teriam trazido alguns meteoritos organismos microscópicos vivos ou mortos? Apresenta qualquer camada evidência de uma evolução de pré-vida de complicadas moléculas de proteína de tipo vital? E terá alguma camada remanescente de formas microscópicas de vida?

Tais camadas foram provavelmente formadas em períodos geológicos diferentes, abrangendo o retrospecto inteiro, até os primórdios da história planetária; não conhecemos, porém, os intervalos. O Dr. Eugene Shoemaker, do United States Geological Survey, dirigiu a preparação de mapas meticolosos da superfície lunar, descrevendo tôdas as diferentes camadas estratificadas que podem ser identificadas. Para citar o jovem Dr. Shoemaker, que no momento é a autoridade máxima da América do Norte em estratigrafia lunar e que, a propósito, gostaria evidentemente de estar, um dia, a bordo, num vôo do Apolo:

“A forte possibilidade de que as partes acessíveis dêsse registro remontem até um estádio muito antigo da história do sistema solar dá ao estudo da Lua importância sem precedentes. O registro, a chave para a dimensão do tempo, apóia-se na estratigrafia, a qual será resolvida pela cartografia geológica da superfície. O objetivo científico mais importante para o envio de um homem à superfície da Lua será o de solucionar as partes não-resolvidas do código estratigráfico.”

Assim, o cientista, o astronauta, o engenheiro, todos terão seus reptos e suas recompensas de uma excursão à Lua. E nós, deixados aqui na Terra, nós que pagamos pela coisa toda — ficaremos sentados tentando compreender o sentido das palavras impressas que nos vêm da aventura. E, pelo valor de nosso dinheiro, gostaríamos talvez de que tivessem mandado também um poeta.

CAPÍTULO XIII

O RETORNO

“**Q**UAL É a sensação de ser-se o primeiro homem a pisar na Lua?” A pergunta continua a absorver-lhe o pensamento enquanto êle se senta e atende ao rádio, mantendo uma conversação contínua com uma Terra ainda excitada, e um intercâmbio intermitente com o tripulante mais calmo da nave principal, que reaparece periodicamente ao alto. Conversa também com seu companheiro, que está deambulando pela superfície lunar, a menos de meia milha de distância, procurando vislumbrar, dentro de seu pequeno raio de exploração, bocados que tenham passado despercebidos. Dentro em pouco, seu companheiro terá de regressar do último de seus turnos alternados, de prospecção da superfície lunar à cata de amostras de interesse.

Mas que se pode dizer em resposta à pergunta? Como replicar às pessoas que fazem semelhantes perguntas? Aqui estou eu, um entre três bilhões de seres humanos, o tentáculo mais longo daquela sede de saber que motiva minha espécie. Posso levar-lhes números — temperaturas, densidades, transmissão da velocidade do som, declives, diâmetros, intensidades de raios gamma, e posso levar-lhes fotografias e rochas — afinal de contas, é para isso que estou sendo pago. Posso dizer também que a Lua era linda mas inanimada e arrasada — como um campo de lava, que, naturalmente, é belo também, por alguns minutos; mas ninguém desejaria morar nêle. Posso dizer que ela é silenciosa e êrma; que não se assemelha a nada da Terra; mas suponho que já saibam disso. A gravidade, pelo menos, era uma gravidade muito boa. Adorei-a.

“Tentei desesperadamente concluir como era ela; mas isso foi mais difícil do que se possa imaginar. Podia somente vê-la

através de plástico; nunca a toquei, cheirei, nem ouvi. Depois de têmos pousado, houve o silêncio dos motores parados — como quando éramos pequenos, depois de os folgazões terem ido embora e fechado a porta. Mas então, havia a môsca a zumbir, o grilo, a pêndula, rumôres castanhos da tarde estival. Aqui existiam sômente os sons de búzio do traje, seus estalidos, os ruídos do corpo, que quase se pode fazer silenciar, querendo.”

“Posso dizer que você pode sair em exploração durante quatro horas, entre os reabastecimentos da mochila de seu traje espacial; que todo o equipamento funcionou perfeitamente bem, com exceção da falha de um transistor de energia, que foi substituído facilmente; que é muito agradável ouvir a nave principal surgir no rádio-horizonte a cada duas horas e dez minutos, pontual como um mecanismo de relógio.”

O explorador de regresso enfia a cabeça pela escotilha dianteira do besouro. Coloca o último saco rotulado, de amostras geológicas e de filmes fotográficos, no assoalho da carlinga e entra para dentro dela; a seguir, arruma as amostras sob uma rêde elástica, que segura as outras já coletadas. Liga seu traje, e o veículo é inundado novamente de oxigênio. Nessa altura, a efeméride — a posição e o horário — do Apolo em órbita, com o seu único tripulante a bordo, já foi cuidadosamente traçada. A cada órbita, a abertura de lançamento dos astronautas se abre durante cêrca de seis minutos, e se, por qualquer razão mecânica, êles a perderem, haverá novas aberturas a cada duas horas. Seus suprimentos podem durar mais vinte e quatro horas e podem ser suplementados por suprimentos de um dos besouros de pouso automático.

Êles completam àrduamente o último período de verificação geral, ao mesmo tempo que sua vitalidade chega ao ponto culminante para a seguir decrescer. Exatamente no horário previsto, o gemido do rádio-farol da nave principal surge acima das baixas colinas a leste. Êle põe o computador de serviço dêles a funcionar, e enquanto a nave principal se eleva três graus do zênite no alto, o foguete de decolagem lunar do besouro flameja e rugue, na sua aparatosa tarefa de parcelar velocidade valiosa para fins cuidadosamente calculados. O panorama lunar desaparece numa cortina compacta de poeira e fogo, e o derrabado remanescente do besouro eleva-se, separando-se de seu pedestal de pernas de aranha — pedestal cujas duplicatas poderiam tornar-se onipresentes nos corpos celestes atingidos pelo homem, como se tornaram seus tambores de combustível em todos os remotos recantos da Terra.

Depois de deixar a Lua, o MEL deve ser pilotado até chegar à órbita. Seu trajeto começa com um jato de seis minutos para cima, primeiramente na posição vertical, para afastar-se, mas inclinando-se rapidamente em direção do horizontal. Seu computador guia o curso dos astronautas para a trajetória de transferência de Hohmann — a rota de energia mínima tão fundamental no vôo espacial. A trajetória de Hohmann tirou seu nome do alemão meticulado que foi o primeiro a derivar as equações que prescrevem a quantidade e a direção exatas de empuxo de foguete que um corpo a uma dada altitude deve usar para transferir-se a uma órbita mais alta, com o mínimo consumo possível de energia. As trajetórias de Hohmann conduzem sempre a espaçonave através de uma meia elipse, de modo que ela emerge nivelada com a órbita mais alta, depois de ter viajado parcialmente à volta do corpo gravitacional. Quando se alcança aquele ponto, tudo de que se necessita então é o “chute no apogeu” — o único empuxo de energia de foguete que transforma a elipse numa órbita circular.

É de se esperar que, completada a manobra de transferência de Hohmann, o besouro surja no lado distante da Lua a poucas milhas de distância da nave principal do Apolo e aproximadamente na mesma órbita, pronto para o encontro.

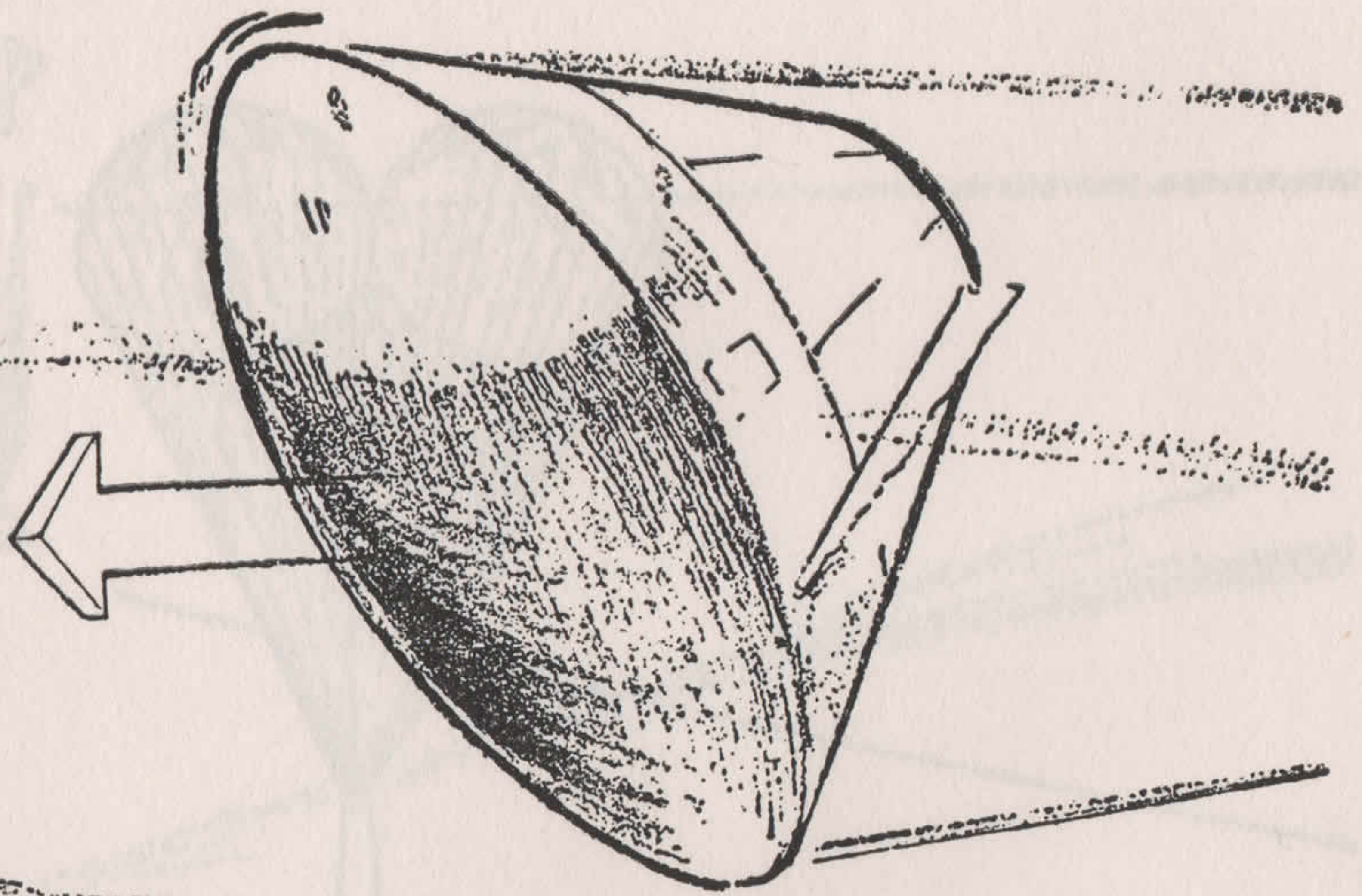
O encontro não é simplesmente uma questão de fazer com que dois veículos propelidos a foguete voem emparelhados e em seguida se unam por ganchos. Antes de tudo, a menos que o consumo de combustível venha a ser proibitivamente elevado, implica na observância das leis augustas da mecânica celeste, em que os corpos em órbita se deslocam em elipses e planos fixos. Uma vez estabelecida, uma órbita é exatamente como um giroscópio gigantesco. O plano de sua elipse — o disco que descreve — tende a permanecer fixo no espaço. Para fazer voltear esse plano, é mister largo consumo de combustível, embora um pouco menos numa órbita lunar do que numa órbita terrestre, porque as velocidades orbitais são menores — o “giroscópio” não está virando tão depressa. Durante a permanência deles na Lua, a área de pouso dos astronautas rodou ligeiramente para fora do plano da órbita da nave principal. Se eles fôsem tentar voar diretamente de sua área de alunissagem, a melhor órbita que poderiam alcançar teria de ser ligeiramente enviesada através do plano orbital da nave. Portanto, teriam, ou de fazer uma mudança de plano, aplicando um grande jato de empuxo lateral no lugar onde os dois planos se entrecruzam, ou de executar uma pequena curvatura em S durante seu arranque inicial da

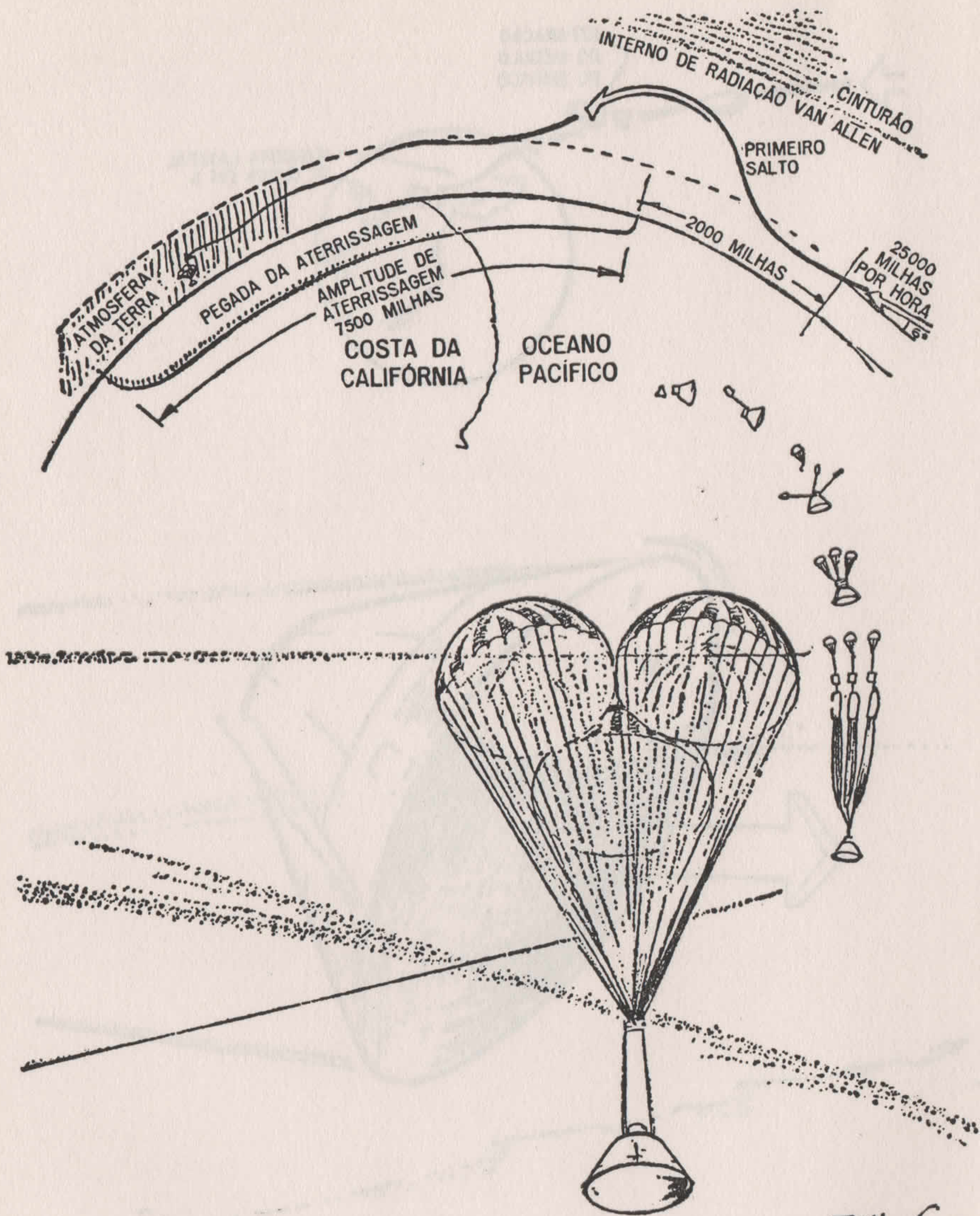
Lua, de modo a entrar no plano da nave principal. Escolheram esta última alternativa. Para realizá-la, seu computador lhes fornece as instruções na forma de leituras de erro, que se apresentam num mostrador, à medida que a nave se desvia de um curso pré-calculado. O trabalho do piloto é simplesmente o de manter as leituras de erro em zero, e o computador e a plataforma inercial o levarão através das convoluções da curva em S".

Outra coisa que deve ser lembrada sobre esse singular estado denominado "órbita" é que o encontro com outro veículo, mesmo que se esteja exatamente na órbita dele, não é uma questão de aumentar a velocidade para ultrapassá-lo, ou de reduzi-la, permitindo que nos ultrapasse. Pois a altitude da órbita é determinada pela velocidade e, se se muda tal velocidade, muda-se automaticamente a órbita. As reservas de combustível são por demais escassas para serem consumidas negligentemente, opondo foguetes às forças gigantescas existentes ao redor dos corpos planetários. No entanto, para conclusões de encontro, podem ser usadas técnicas diferentes e engenhosas. Uma delas consiste em colocar os dois veículos em duas órbitas circulares de tamanhos diferentes, ambas no mesmo plano. A seguir, ambos os veículos simplesmente circulam, até a nave "caçadora", mais rápida, que está no círculo menor, alcançar exatamente a posição certa sob seu alvo. Então, ela reacende seus foguetes, para ser "chutada" até sua trajetória de transferência Hohmann, cujo comêço é tangente à parte externa da órbita inferior e cuja extremidade superior curva-se tangencialmente para o interior da órbita de alvo. Se tudo tiver sido calculado corretamente, a nave caçadora ficará muito próxima do alvo, pronta para a manobra de atração.

O processo de encontro de "elipse em fase" é algo idêntico, exceto que, nesse caso, a nave caçadora está numa órbita elíptica pequena cujo ponto mais elevado é tangente ao lado interno da órbita maior do alvo. As duas então circulam desse modo, percorrendo suas órbitas em períodos diferentes até o momento em que a caçadora e o alvo se aproximem uma do outro no ponto em que as duas órbitas se encontram. Nesse momento, a caçadora dá-se um impulso adicional de energia para manter-se na órbita circular maior.

Uma coisa que pode ser feita para permitir à nave caçadora ultrapassar a nave caçada (se ambas estiverem na mesma órbita), quando se aproximam das etapas finais do encontro, é diminuir a velocidade da caçadora, em vez de aumentá-la. Isso faz com que ela caia numa órbita ligeiramente menor e, conse-





qüentemente, de circulação mais rápida. Então, depois de ter-se adiantado um pouco ao alvo, ela aumenta ligeiramente a velocidade e faz uma curva para trás e para cima, calculando suas velocidades e ângulos de modo a chegar bem perto.

No entanto, depois de se chegar a algumas milhas do alvo, a melhor maneira de realizar o encontro é utilizar a fôrça bruta dos foguetes para manter a nave caçadora na rota de conclusão adequada em relação ao alvo. Nessas etapas derradeiras, uma técnica que parece ser prometedora para sêres humanos é a originariamente desenvolvida em combates aéreos para aproximação do avião inimigo. É chamada "linha de visão nula" e está baseada no princípio de que se o ângulo de nossa linha de visão do outro avião não parece mudar, é porque estamos numa rota de colisão. Isto é, identificamos o outro avião, ou seus faróis, se fôr de noite, alinhamo-lo com um ponto em nosso próprio pára-brisa, e o observamos cuidadosamente. Se êle parecer estar-se afastando dêsse ponto, iremos perdê-lo. Se não, iremos chocar-nos contra êle. Quando êste princípio é usado na atracação de veículos espaciais, o piloto calcula a direção em que o alvo pareça mover-se, tendo como referência o seu veículo. Alinha, a seguir, sua própria nave, até que ela pareça estar apontada paralelamente àquela direção, faz funcionar o foguete principal, e o mantém em funcionamento até que o alvo pareça ter-se imobilizado. Conforme se aproximam os dois veículos, êle freia gradualmente sua máquina, tirando-lhe um pouco da perigosa velocidade.

CAPÍTULO XIV

CHEGADA

O PILÔTO do besouro traz finalmente sua nave para perto do veículo principal, que estaria à vista nesse momento não fôra pela luz violenta do Sol que fulgura nas faces dos astronautas. Enquanto êles saem do alinhamento, de modo que nem a luz do Sol, nem a da Terra, e nem a da Lua lhes incida nos olhos, o piloto cuida de utilizar os pequenos foguetes translacionais para dar à nave pequenos impulsos laterais e ascensionais, como os de rebocador marítimo. Manobra lentamente, até que os dois dispositivos de atracação nas proas de ambas as naves se encaixem e fechem. A operação completa levou mais de três horas, desde o momento de partida da Lua.

Rapidamente, então, os dois pioneiros lunares se arrastam para dentro do já familiar módulo de comando do Apolo, que parece terem deixado há tanto tempo. Fecham as escotilhas entre as duas naves. Auxiliados pelo engenheiro de sistemas, que manteve a solitária vigília circulante no Apolo durante tôda a manobra, os dois tripulantes do besouro saem de seus trajes espaciais. Em seguida, os três homens fatigados vão ocupar seus postos de tripulantes, pondo-se a trabalhar celeremente. Pois estão-se aproximando do segmento do arco orbital atrás da Lua, ponto em que devem disparar os foguetes principais do já quase exausto módulo de propulsão, que os colocarão na sua trajetória para a Terra. As computações surgem agora com rapidez, auxiliadas por cálculos de trajetória recentes, recebidos dos enormes computadores terrestres. Com algum pesar, êles abrem os trincos que os mantêm presos ao besouro e, com um curto jato de seus foguetes de contrôle, separam os módulos de comando e de ser-

viço. Observam o besouro vazio, abandonado, afastar-se lentamente. Põe-se êle a voltear ligeiramente.

Finalmente, ao passarem uma vez mais sôbre o lado distante da Lua, o módulo de propulsão dispara para dar-lhes os 3 000 pés de velocidade adicional. Na sua conhecida, crescente espiral de Hohmann, iniciam a queda à volta da Lua e em direção à Terra, uma trajetória que completará o trajeto em forma de oito que começaram ao sair da Lua. Conforme o calculado, ingressarão na atmosfera sôbre o limbo oriental terrestre, à hora em que a Lua está alta sôbre a Rússia e ainda é manhã na parte ocidental dos Estados Unidos.

Estabelecidos na trajetória, a primeira coisa que o comandante faz é tentar dormir algumas horas antes que chegue o momento da primeira manobra de correção de meio curso, três horas depois. O co-pilôto e o engenheiro de sistemas tomam a contragosto algumas pílulas contra o sono, de efeito moderado, e redobram de atenção, procurando obter visadas estelares acuradas em bom número, com que seu computador possa trabalhar. A Terra reexamina-lhes o trabalho tão meticulosamente quanto possível, pois sabe que está lidando com homens fatigados e com máquinas fatigadas, cujas dificuldades não estão ainda superadas.

Os três afastam-se da Lua e dos maiores momentos de suas vidas, tentando vagamente manter vivo o sabor de sua experiência, desejando que em tôdas as ocasiões seus olhos tivessem estado um pouco mais abertos, e êles um pouco mais preparados quanto ao que procurar.

Mesmo para os extraterrenos imparciais, a pequena Terra deve ser, certamente, uma das belas vistas do universo. Talvez o marciano de volta ao seu planêta também se quedasse extasiado à vista das desérticas texturas cinzentas e castanho-avermelhadas e das volutas amorfas de Marte, cujos padrões quase significativos incitam os olhos do homem da Terra a ler alguma intervenção de fôrças vivas em suas malhas indistintas e em suas linhas evanescentes.

Mas o marciano ficaria certamente boquiaberto ante o brilho azul e alaranjado do contorno da Terra iluminada por trás, e das côres azuis, das brancas e das verdes do oxigênio, da água e da vegetação, que para o homem terrestre significam a essência da vida e da beleza.

A Terra assemelha-se a uma coisa viva, de delgada carnção, numa atmosfera elástica e fôfa, que no entanto se torna firme e resistente — um oásis acolhedor em comparação à rocha inanimada da Lua. Mas para o Apolo, a girar sem asas em sua direção, a Terra, como virtualmente tudo mais no período de operação do Apolo, pode também significar morte.

Raramente nos damos conta de quão primorosamente a Terra é revestida de ar. Se imaginarmos, para os propósitos do Apolo, que a atmosfera da Terra se estende oitenta milhas acima de sua superfície, isto não representa mais que um centésimo de seu diâmetro — ou, a grosso modo, o equivalente à espessura de uma casca de maçã em relação a esta. O que os astronautas se propõem então a fazer é penetrar delicadamente de viés nessa casca, voando a uma velocidade de aproximadamente 25 000 milhas por hora, e a seguir escavar parcialmente à volta da circunferência da maçã, permanecendo dentro dessa camada de casca. Ao que se espera, essa técnica lhes amortecerá a velocidade cósmica; porém, a manobra é temerária. O Apolo deve deslizar para dentro da tênue orla da atmosfera, a oitenta milhas de altitude, sem a cortar nem muito fundo nem muito raso. Se êle tangenciar a esfera de ar num ângulo muito rente, escapulará novamente, a velocidade grande demais para ser recapturado; deslizará até os cinturões de radiação e escapará à atração da Terra. Por outro lado, se nela entrar demasiado a pique, diminuirá sua velocidade muito abruptamente, esmagando as costelas dos astronautas contra suas espinhas dorsais e superaquecendo a nave. Esse ângulo inicial, que o trajeto do Apolo forma com a horizontal da Terra — um máximo de aproximadamente 7,5 graus e um mínimo de aproximadamente 5,5 graus — determina a espessura do corredor de reentrada do Apolo através da atmosfera. Tal espessura é de cerca de dezoito milhas, para bom controle até uma área de aterrissagem escolhida, e de cerca de quarenta milhas, para mera sobrevivência.

A nave, uma vez nesse corredor, tem certa facilidade em ampliar a distância que voará para diante ou lateralmente. Todavia, conseguir tal controle não é coisa simples. O simples Apolo com seu centro de gravidade fixo e equilibrado, que inclina um pouco para cima a superfície do fundo do cone, só pode orientar-se para um pouso terrestre girando aquela superfície de lado a lado; não pode alterar o ângulo de ataque — o ângulo em que o cone está inclinado. É como se se segurasse ao vento uma fôrma de pastelão com um bordo inclinado constantemente para cima, num ângulo de trinta graus. O vento tenderia a empurrá-lo para cima. Mas

se se girar o prato de um lado para outro, o vento tenderá a impeli-lo na direção do giro, mas menos fortemente para cima. Este simples movimento giratório permite à nave controlar a amplitude do seu movimento para diante, desviando-se de um lado para outro em suaves volteios em S.

Ela atinge o máximo de sua distância de avanço quando entra na atmosfera sem ângulo de rotação nenhum. Assim, depois de penetrar o suficiente para diminuir um pouco de velocidade, desliza numa longa curva parabólica para fora da atmosfera, onde pode arrefecer e onde não há nada para reduzir-lhe o movimento de avanço até a reentrada. Para reduzir sua distância de avanço, a nave pode rolar para um lado ou outro, o que a impede de saltar tão alto; isso lhe dá também uma curva para o lado, que ela deve reverter posteriormente. Para redução máxima, a nave pode até mesmo girar completamente, de cabeça para baixo, e deixar que a superfície biselada do fundo a impulse mais para dentro da atmosfera que a freia.

Essas manobras determinam a área no solo que o Apolo pode atingir. A "pegada" de aterrissagem — assim chamada em razão de sua forma — é de aproximadamente 7 500 milhas de extensão e 500 milhas de largura, no seu ponto mais largo. Duas dessas pegadas gigantescas serão muito provavelmente delimitadas antes das missões lunares, uma delas estendendo-se a partir de Pago Pago, nas Ilhas Samoa, a outra das proximidades de Pearl Harbour, no Havaí.

Os critérios do plano original do Apolo exigiam que estivesse capacitado a proteger seus astronautas contra o forte choque de uma aterrissagem. Neste caso, será muito provavelmente suspenso de seus pára-quedas num ângulo reduzido, de modo que o movimento descendente e qualquer corrente de vento lateral sejam absorvidos num movimento oscilante ou giratório ao longo do chão. Como muitos especialistas preferem a técnica mais branda de pouso no mar usada no Projeto Mercúrio, pelo menos nos primeiros pousos, o esforço tem-se orientado no sentido de fazer com que o Apolo seja anfíbio — de que flutue em pé e seja dotado de sinais de socorro. Quarenta e oito aviões quadrimotores especiais seriam equipados para recolher os homens, quer no mar ou locais inaccessíveis em terra. Esses aviões têm dispositivos especiais que apanham uma linha de *nylon* estendida acima dos homens por um balão cheio de hélio. Os astronautas terão correames especiais, de tipo pára-quedas, e seriam efetivamente içados para bordo de um avião voando baixo, numa velocidade de 138 milhas por hora. Afirma-se, curiosamente, que

o solavanco experimentado pelo astronauta não é maior que o de um pára-quedas abrindo-se.

Se o local de aterrissagem será acima do equador ou abaixo dele, em qualquer dada missão, dependerá do fato de a Lua ter declinação positiva ou negativa — de se localizar ao norte do plano equatorial da Terra ou ao sul —, visto que ela parece mover-se para cima e para baixo, através do equador, durante o mês. Se a Lua tiver declinação positiva — se estiver ao norte do equador —, a espaçonave deverá aterrissar no hemisfério sul da Terra por causa das imposições das trajetórias. Se tiver declinação negativa, a nave aterrissará no hemisfério norte. Para fins de planejamento, os projetistas vêm cogitando, em caráter experimental, de uma aterrissagem perto de Pago Pago, no primeiro caso, e em Pearl Harbour, no último.

A manobra do Apolo, de curva tridimensional em S durante a reentrada, é um problema complexo de direção. Possivelmente, nenhum piloto humano poderia calcular semelhante curso com precisão suficiente para acertar, com margem de centenas de milhas a área almejada para a aterrissagem, a meio caminho, ao redor da Terra, do ponto em que entraram em contato com o ar, sem ultrapassar, na operação, os limites de aquecimento da nave ou os limites gravitacionais dos astronautas, ou sem ricochetear para os cinturões de radiação.

Tais predições constituem, então, tarefa do versátil computador de bordo. São as mais difíceis tarefas, que determinam, em última instância, quão grande e complexo deva ser esse computador. Ele deve estudar o avanço da nave e depois guiá-la automaticamente, com segurança, até o sítio de aterrissagem. O computador, por sua vez, obtém suas informações acerca de direções presentes dos acurados giroscópios de orientação inercial e dos acelerômetros, que guardam na memória onde a máquina esteve e onde está. A principal função do piloto, durante essa aterrissagem automática, será principalmente a de vigiar as ações da maquinaria e tentar localizar defeitos. Contudo, como reserva em caso de falhas drásticas do computador ou da orientação inercial, o piloto terá um medidor “faça-me-descer” suplementar ligado aos giroscópos e acelerômetros mais simples possíveis, para informá-lo de como dirigir a nave para descer — não importando onde possa ser — sem incendiá-la ou ultrapassar seus próprios limites gravitacionais.

As estações de rastreamento da Terra, durante o processo da reentrada atmosférica, terão dificuldades na transmissão e

recepção de mensagens da espaçonave porque a capa de gás ionizado quente ao redor do veículo em reentrada impede as mensagens de rádio de entrarem ou saírem. Esforços urgentes estão sendo feitos para desenvolver dispositivos de comunicações capazes de penetrar tal capa. O mais promissor parece ser um transmissor muito poderoso que usa as altas frequências menos facilmente detidas pela ionização.

Assim, lançando-se da Lua abaixo, com os sistemas a tiquetaquear durante as oitenta horas de espaço cislunar, o Apolo põe em ação os derradeiros movimentos do mecanismo de relógio que começou a funcionar no instante em que êle deixou a Terra, uma semana antes. A Lua girou, a Terra também, e o Apolo tenta realizar sua parte no ajuste e chegar a um ponto no espaço, a um ponto no tempo. Uma vez atingidos êsses alvos, o Apolo deve depender de uma parceria homem-máquina, de computações cuidadosas, e de velhas habilidades de pilotagem para equilibrar uma porção de forças ponderáveis. A seguir, a pesada nave deve sulcar 6 000 milhas ao redor do globo até um ponto perto do Pacífico.

O módulo de propulsão permanecerá com os astronautas durante a maior parte da viagem para a Terra, provendo correção de meio curso, eletricidade e manutenção de vida até poucos minutos antes da reentrada. Nesse ponto, tôdas as válvulas entre as duas naves serão fechadas, as braçadeiras que as mantêm unidas se abrirão, e os foguetes de contrôlo do módulo de propulsão dispararão pela última vez, separando-o do cone de reentrada tripulado e afastando-o de qualquer trajeto de reentrada que pudesse pôr em risco os habitantes da Terra. O cone virará para apresentar a ampla superfície de sua blindagem térmica, até então oculta, ao ígneo plasma atmosférico.

O plano é de a nave entrar a atmosfera a cerca de 400 000 pés acima do Pacífico, deslizando sobre sua parte inferior, para mergulhar e experimentar rapidamente o máximo de dez ou doze gravidades e os 5 000 graus permitidos, e então saltar para o frio do espaço e a imponderabilidade, antes do mergulho final em meio a uma bola de fogo. No curso dêsse mergulho, o casco térmico do Apolo será crestado, carbonizado, fundido e evaporado, e a nave emergirá com a aparência de um *waffle* queimado. É um curso aparentemente desesperado, mas inevitável.

Espera-se que no momento aprazado a sibilante cápsula, com a velocidade reduzida, tombe nos céus dos Estados Unidos e, como cobertura de creme a essa exibição de supremo atrevimento,

primeiro o pára-quedas estabilizador e a seguir os três pára-quedas principais, de abertura lenta, desabrocharão a 15 000 pés de altitude. Desnecessário dizer que pára-quedas encapelados constituem a mais feliz de tôdas as visões no mister de astronauta.

Espera-se então que os pára-quedas conduzam a maquinaria em suave balanço a uma aterrissagem aos boléus.

Tudo considerado, é um final glorioso para uma gloriosa viagem, mas depois de tôdas as aventuras do Apolo nas profundezas letais do espaço, são essa reentrada e êsse pouso em seu lar terrestre que exigirão a maior destreza e presença de espírito.

CAPÍTULO XV

GÊMINI

A GLÓRIA de ser a primeira espaçonave norte-americana a se aventurar a batalhas com as forças poderosas da mecânica celeste — em outras palavras, a primeira espaçonave realmente digna do nome — será atribuída a um pequeno veículo, concebido às pressas e às pressas executado, denominado Gêmini. Tudo correndo bem, o Gêmini começará a voar em princípios de 1965.* Comparada ao Gêmini, a cápsula Mercúrio não passava de um pêso morto, um xaveco atirado ao mar do espaço, cujo único talento era a capacidade de poder voltar de nôvo. O Gêmini, por outro lado, contém, por sob suas capas metálicas, tanques de poderosos combustíveis e motores a foguete, que estabelecem a diferença.

Com tais diferenças, o Gêmini poderá, ao comando do Homem, encurvar um pouco as órbitas, aumentar ou diminuir de velocidade, e deslocar-se um grau, ou pouco mais, de um e outro lado — em outras palavras, mudar planos e órbitas. Além disso, o Gêmini estará capacitado a manter-se vivo no espaço e sustentar sua tripulação por duas semanas ou mais. Êstes requintes são de tal envergadura que tornam possível uma verdadeira viagem espacial.

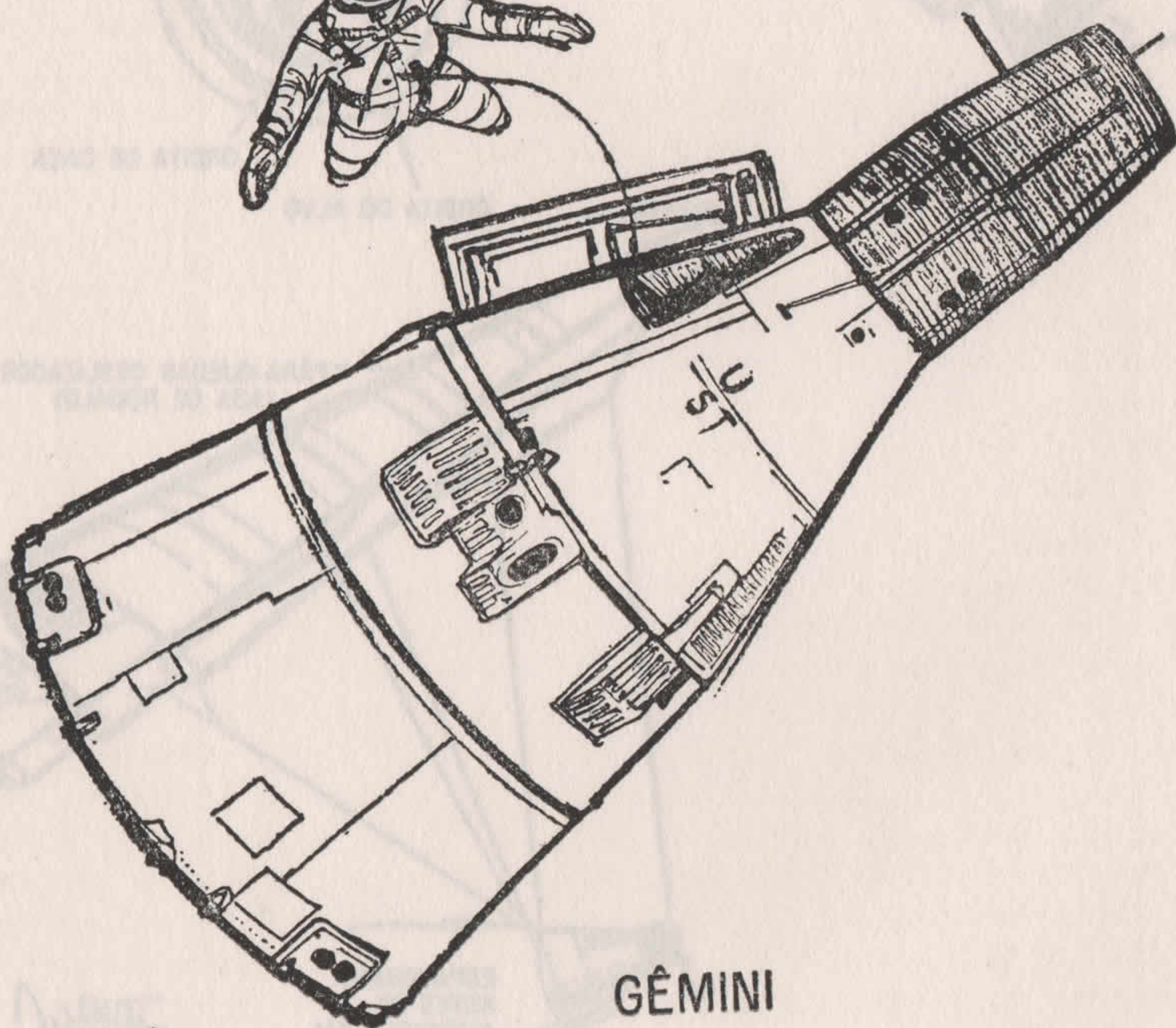
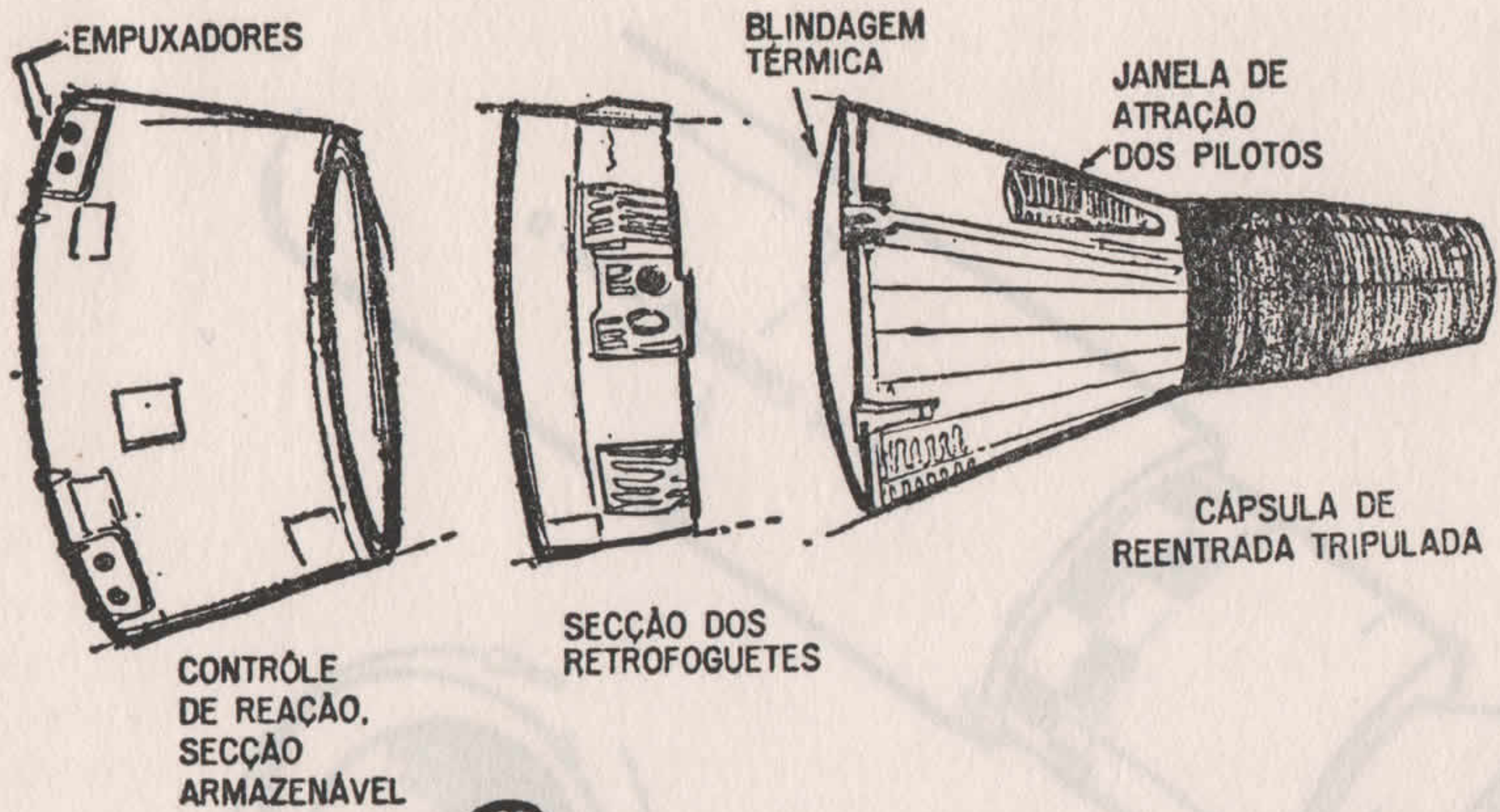
Os objetivos proclamados do Gêmini são os de investigar a imponderabilidade prolongada e outros problemas médicos do espaço, aperfeiçoar as técnicas de encontro orbital, treinar astronautas, e atuar como banco de provas voador para novas inven-

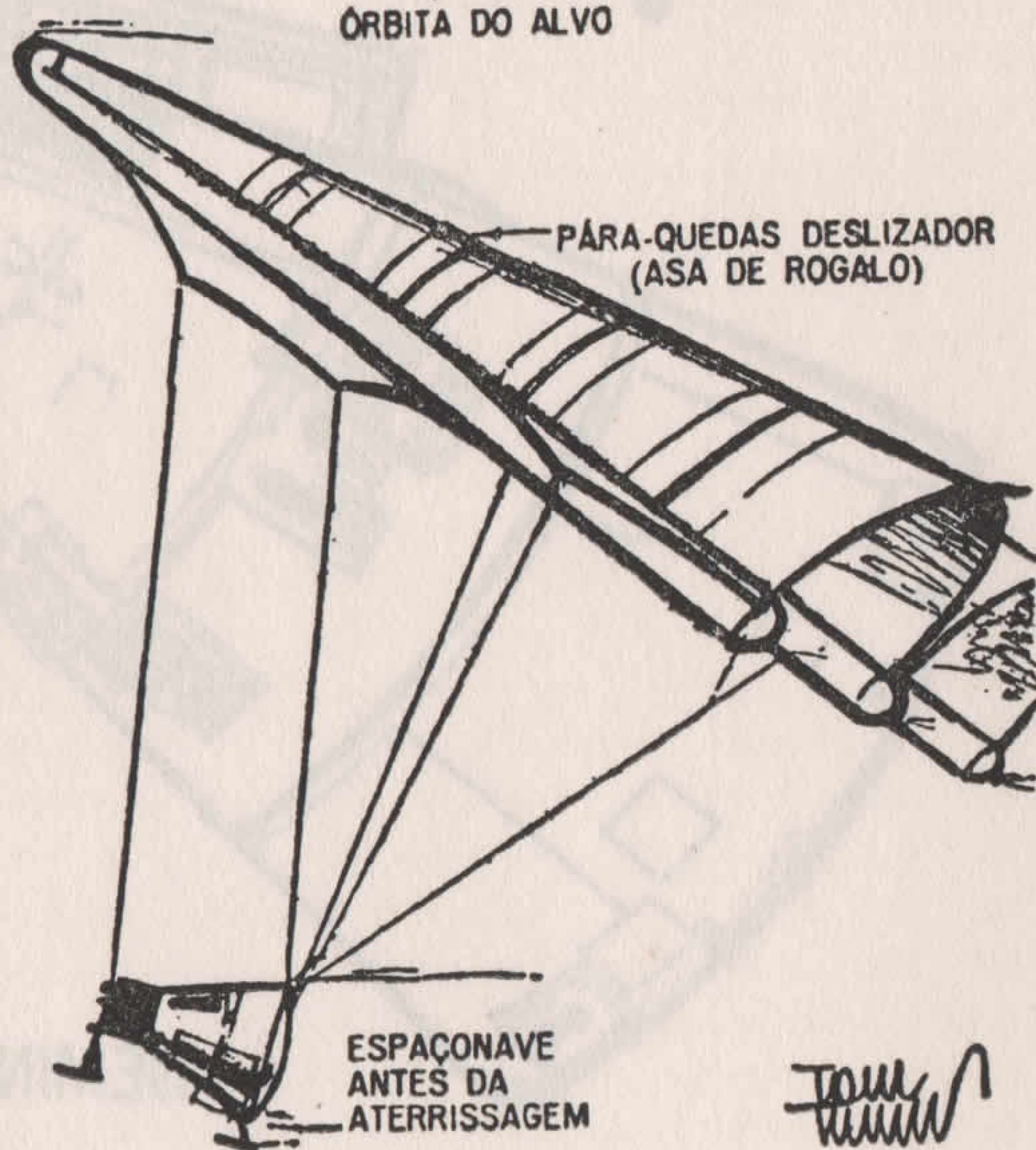
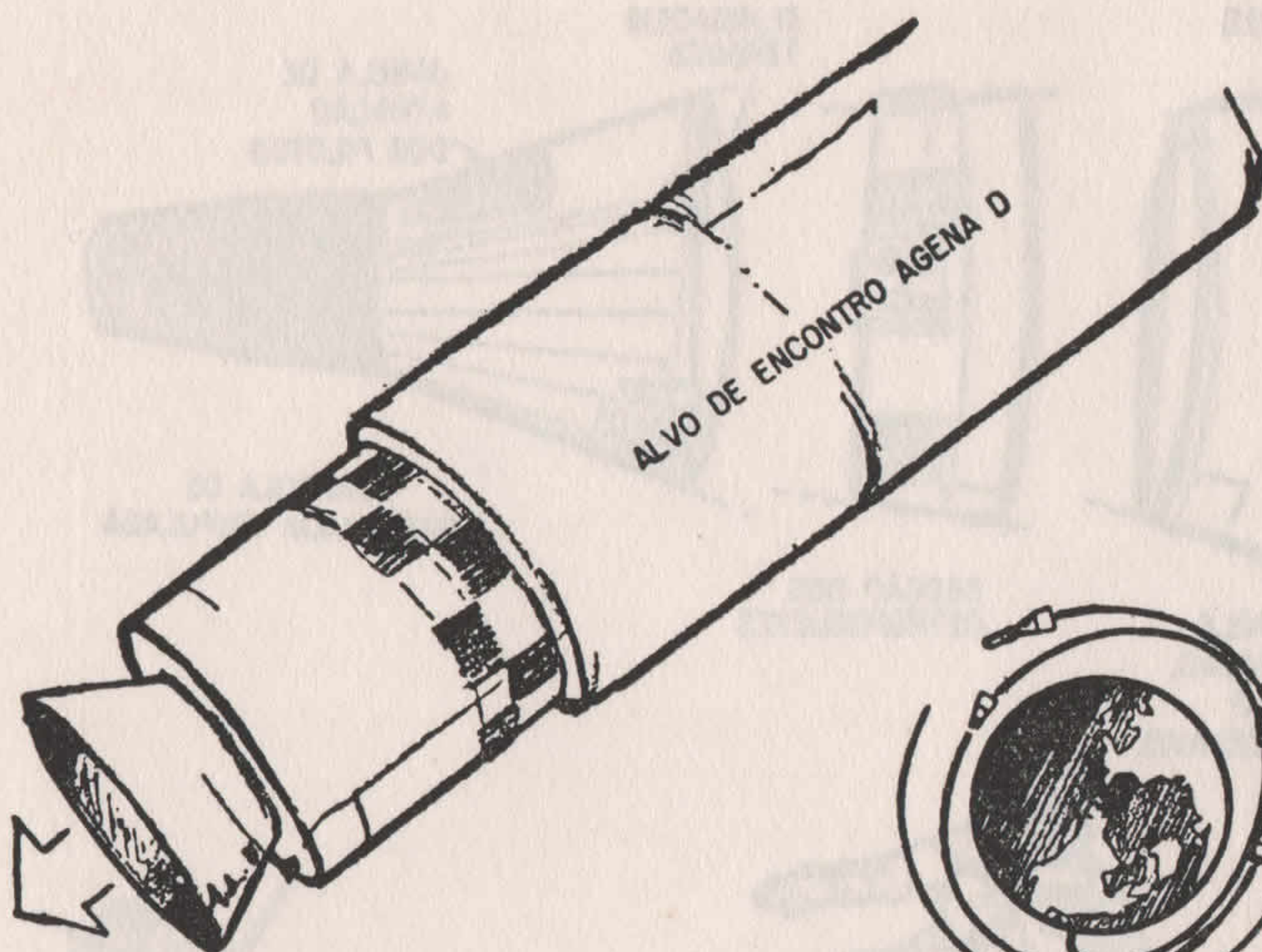
* Em 1965 realizaram-se os vôos dos Gêmini IV, V e VI (N. do T.).

ções astronáuticas. A cápsula da tripulação é basicamente um simples prolongamento, para baixo, da forma cônica do Mercúrio, e propiciará dez polegadas a mais de diâmetro, de molde a permitir que dois homens entrem apertadamente e ali permaneçam lado a lado. A cápsula pesa apenas três toneladas — bastante menos que os Vostoks russos. As milhares de horas de prova em túnel aerodinâmico e os conhecimentos ali trabalhosamente adquiridos acerca do formato do Mercúrio, vieram de graça para o Gêmini.

Por sob a semelhança externa, as diferenças entre as duas naves são tremendas. Primeira de tôdas, o Gêmini pesa quase o dôbro do Mercúrio. Segunda, a torre de escape do Mercúrio será eliminada, e os retrofoguetes e os poderosos assentos de ejeção do Gêmini serão usados para retirar a tripulação em caso de perigo. Terceira, o Gêmini tem capacidade própria de manobra no espaço, radar auxiliar embutido e instalações para computação. Quarta, o Gêmini é um tributo ao asseio e à ordem. Os componentes do Mercúrio estavam amontoados por tôda a nave numa mixórdia de ninho de pássaro. Para remover e reparar um sistema, você, muitas vêzes, tinha de remover todos. Depois, quando os colocava de volta, você era obrigado a aferi-los um por um, para se certificar de que os fixara a todos corretamente. Isso levava meses, amiúde. No Gêmini, por outro lado, a maior parte da aparelhagem é instalada fora do recipiente de pressão, em lugares apropriados e acessíveis. Cada sistema tem sua porta de acesso privativa, e pode ser retirado e recolocado em poucos minutos. Essa disposição resulta em muito menos tempo de reparo e aferição geral em terra e permite inclusive que os astronautas façam consertos de emergência enquanto circulam em órbita.

Além de seu formato basicamente igual ao do Mercúrio, o Gêmini tem uma capa, em forma de cone truncado, de sete pés e meio de comprimento, que se alonga para baixo à guisa de seção adaptada ao topo do foguete propulsor. Idêntica em princípio ao módulo de propulsão do Apolo, esta fase adaptadora contém principalmente foguetes e combustível. Um total de oito empuxadores a jato, de 100 libras cada, no adaptador situado no centro comum de gravidade das duas naves, pode impelir o Gêmini para diante, para trás, para cima, para baixo, e de um lado a outro, para efetuar a atracação de encontro no espaço. Mais atrás do adaptador, fora do centro de gravidade, acham-se outros seis empuxadores de 25 libras, para dar controle da atitude — guinada, rotação, e cabeceio. A cápsula principal de





Tom

reentrada tem no seu colo mais 16 empuxadores de controle de atitude, para serem usados durante a manobra crítica de reentrada, depois de o adaptador ter sido rejeitado.

Junto de seus empuxadores de controle, a fase adaptadora aloja quatro poderosos retrofoguetes destinados a fazer a nave baixar de órbita. Eles atuam também como foguetes de escape em caso de dificuldade durante a ascensão. Serão alojados na parte superior do adaptador, mais próxima da cápsula. Um pouco antes de a cápsula estar prestes a reentrar na atmosfera terrestre, um cordão explosivo à volta do adaptador, acima de seu meio, será detonado, cortando nitidamente o metal, de modo que a parte mais posterior se desprenda e exponha os retrofoguetes. Depois de estes terem disparado e a cápsula começar a descer, a parte restante do adaptador será também rejeitada, expondo a blindagem térmica da cápsula. O Gêmini terá, como o Apolo, um centro de gravidade ligeiramente deslocado, para permitir certa margem de controle durante a reentrada.

O adaptador contém, outrossim, instrumentação e 104 libras de oxigênio líquido, destinado às células de combustível, de 1 700 watts, da General Electric, e ao pressionamento da cápsula. As células de combustível, queimando hidrogênio e oxigênio, como as do Apolo, não somente fornecem energia elétrica para a cápsula como também água potável. Finalmente, da mesma maneira que no Apolo, o adaptador faz as vezes de um radiador espacial. Um fluido refrigerante, bombado através dele, dispersa o calor da cápsula tripulada e da engrenagem eletrônica.

Para suas complicadas manobras de encontro, os dois pilotos do Gêmini serão auxiliados por um pequeno, mas eficiente, computador ligado ao sistema de radar. O radar localiza seu veículo-alvo a partir de 250 milhas de distância: o piloto determina que se efetue a manobra de encontro premindo um conjunto de chaves, e o computador fornece instruções de como orientar a espaçonave e disparar os foguetes para lá chegar.

O Gêmini foi projetado e desenvolvido em tempo recorde depois do anúncio do programa da Lua. A MacDonnell Aircraft obteve o contrato para construir a cápsula na primavera de 1962, e os modelos construídos em chapas para caldeira estavam prontos para provas de queda no inverno seguinte.

O Gêmini será colocado em órbita no topo de um propulsor da Martin, o Titã II, com 430 000 libras de empuxo. O Titã II usa combustíveis hipergólicos, hidrazina e tetróxido de nitrogênio, os quais se têm mostrado dóceis e seguros em contraste com os explosivos combustíveis criogênicos de todos os outros grandes

propulsores. Não obstante a segurança dos combustíveis, a primeira fase do Titã II perturbou o programa Gêmini pelos surtos de vibrações para cima e para baixo, suficientemente fortes para fazer bater os dentes a qualquer astronauta numa cápsula em seu tampo: foram denominadas "efeitos *pogo*". No início de 1964, extensa modificação na seção motora do foguete pareceu ter sanado o problema.

No decorrer dos primeiros vôos tripulados, o Gêmini não tentará o encontro, a não ser talvez um breve contato com uma parte de seu próprio propulsor vazio após a separação, e a elaboração de cálculos de encontro por visadas de alvos iluminados por luz estroboscópica. Mas do quinto vôo em diante, cada lançamento de um Gêmini será precedido de um foguete Atlas lançando uma fase do foguete Agena B, reingnizável, em órbita circular de aproximadamente 185 milhas de altitude. Cerca de vinte e quatro horas após a partida do Agena, o Gêmini será lançado em uma órbita elíptica cujo plano coincide com o do Agena, e cujo apogeu, ou culminância, é também de 185 milhas. Como a área de lançamento está girando sob o plano da órbita do Agena, a realização de tais órbitas co-planares implicaria em que o lançamento teria de ser feito com precisão de segundos, não fôra o fato de tanto o Agena quanto o Gêmini poderem ajustar ligeiramente seus planos de órbita, usando foguetes de bordo. A capacidade de mudança de plano do Gêmini, apenas, permite que a abertura de lançamento permaneça durante quatro minutos e meio, ao passo que os tanques de combustíveis maiores do Agena aumentam para quatro horas tal abertura.

Nessas tentativas iniciais, o encontro constituirá um esforço cooperativo. O Gêmini e o Agena tentarão encontrar-se, reciprocamente. Além disso, o Agena estará em órbita de estacionamento a cerca de 185 milhas de altitude, enquanto que o Gêmini estará numa órbita sensivelmente menor ou "elipse de caça", de período mais curto. Dessarte, o Gêmini se adiantará de cerca de cinco graus ou 375 milhas ao Agena, a cada volta que percorrem. Não importando que a espaçonave entre em órbita à frente ou atrás do Agena, as duas girarão finalmente até um ponto em que estarão uma próxima da outra. Estações terrestres rastrearão seus movimentos, irradiando instruções à tripulação do Gêmini, e possivelmente dando instruções ao robô Agena para pôr em funcionamento seus motores e entrar numa órbita maior, mais lenta, a fim de apressar a velocidade de conclusão. Quando as duas naves estiverem a 250 milhas uma da outra, o radar do Gêmini se engatará ao do Agena e os astronautas e seu computador com-

pletarão o encontro sòzinhos. O computador do Gêmini começará a fornecer instruções de como fechar a distância com curtas explosões de foguetes.

Então, num determinado ponto, depois de o computador ter aproximado as duas naves cêrca de 50 milhas uma da outra, os astronautas assumirão o comando e, com a sua ainda maior habilidade de pilotagem, efetuarão as manobras finais de atracação, que o computador teria dificuldade em realizar. Os holofotes do Agena auxiliarão os astronautas a ver seu alvo a uma grande distância e quando êles estiverem do lado escuro da Terra. Êles manobrarão lentamente sua nave, aproximando-a mais do alvo e introduzindo-lhe finalmente a secção do colo num encaixe cônico à frente do foguete Agena. Para dar aos pilotos melhor visibilidade dianteira durante a atracação, o Gêmini foi dotado de longas canaletas de pára-brisa, nos lados inclinados da nave. Os dois veículos deslizarão juntos com uma diferença de velocidade não maior que 1,5 pés por segundo — um têrço de milha por hora —, embora, naturalmente, ambos girem ao redor da Terra a aproximadamente 18 000 milhas por hora. Quando a proa do Gêmini entrar finalmente no acessório de atracação do Agena, fechos especiais engatarão os dois num único e rígido veículo.

Com tais foguetes e combustível adicionais ligados à proa de sua nave, os astronautas podem cabriolar ainda mais em órbita — mudando de planos ou entrando em outras órbitas elípticas. Suas excursões serão limitadas pelos cinturões de radiação, num extremo, e pela atmosfera da Terra, no outro. Terão êles de planejar, também, para que se não vejam metidos numa órbita tão grande ou tão excêntrica que o combustível de seus retrofoguetes não baste para trazê-los de volta.

Além dessa capacidade de manobra, fizeram-se planos para que o Gêmini permita pela primeira vez, a um tripulante em traje espacial, aventurar-se fora da nave quando em órbita.* Ligado por uma corda ao veículo, êle pode executar reparos na parte externa, ou realizar experimentos, utilizando mochilas autopropelidas, de estabilização giroscópica. Mas como a nave não tem câmara de adaptação, terá de ser despressionada e os dois espaçonautas terão de usar trajes totalmente inflados quando um dêles estiver de fora.

Permitindo períodos prolongados de permanência, encontros, e liberdade de movimentos, o Gêmini fornecerá dados inapreciá-

* Isso ocorreu com White, pilôto do Gêmini IV. (N. do T.).

veis sôbre problemas médicos e técnicos, e servirá como adestrador de pilotagem espacial aos pilotos do Apolo. Os planos atuais exigem que haja sempre pelo menos um homem com prévia experiência orbital em cada vôo do Gêmini. Espera-se que semelhante relação entre aprendiz e instrutor resulte em melhoria de treinamento para o astronauta.

Ademais, os componentes acessíveis e a espaçosa secção do adaptador do Gêmini propiciarão um lugar para expor muitos dos componentes atuais do Apolo ao rigores do espaço.

Espera-se, em particular, que o conceito de asa de Rogallo, ou pára-quedas deslizador, seja experimentado para fazer baixar a cápsula até sua área de aterrissagem. A asa de Rogallo, assim denominada em honra ao seu inventor, Francis Rogallo, do Centro de Pesquisas de Langley, é um exemplo da maneira direta e engenhosa com que Langley aborda os problemas do mundo. Originariamente, Rogallo, perito em aerodinâmica de Langley, projetou o invento como um papagaio de brinquedo para si e para seus filhos; depois, começou a experimentá-lo em maior escala. Atualmente, a asa está sendo seriamente considerada para usos que vão desde a aterrissagem dos modelos mais recentes do Apolo, se ela se portar satisfatoriamente no Gêmini, até o retôrno de fases propulsoras usadas do Saturno, para que possam ser novamente utilizadas, e coisas como transporte de cargas aéreas rebocadas e como nôvo dispositivo para tropas pára-quedistas. Estudam-se vários métodos para suavizar todo o processo da reentrada, desde o primeiro contato com a atmosfera. Entre êles está a possibilidade de empregar um tecido metálico resistente ao calor ou uma asa de Rogallo de fibra de vidro.

A asa original de Rogallo consistia de três varetas, articuladas entre si numa extremidade, com um triângulo de tecido esticado entre elas para formar uma estrutura vagamente parecida a um leque e dobradiça. Posta a voar com a ponta para a frente, o tecido se encapela entre as varetas, dando uma combinação de suporte de pára-quedas e o efeito de elevação de uma asa de avião. Se uma carga fôr pendurada debaixo e se deixar cair todo o aparelho, êle deslizará para frente e para baixo. Para o uso em espaçonaves, as três varetas rígidas podem ser substituídas por tubos de tecido espêsso, que podem ser inflados a fim de formar membros cilíndricos rígidos. Para o Gêmini, a asa completa de quarenta e três pés pesará aproximadamente cinco quintais, e será dobrada e guardada no compartimento cônico, de dez pés cúbicos, que forma a ponta do colo do Gêmini. Depois de a asa ser inflada, a uma altitude de cêrca de 50 000 pés,

a nave ficará suspensa, por baixo dela, de cinco cabos, quatro dos quais podem ser aumentados ou encurtados por carretilhas acionados a gás e localizados dentro da espaçonave. A variação do comprimento dêsses quatro cabos fará com que a asa mude seus ângulos, permitindo assim aos pilotos dirigir o Gêmini, a pequena extremidade primeiro, sobre uma área de aproximadamente vinte e uma milhas de raio para escolher o local de aterrissagem. Caso êsse nôvo e algo complicado dispositivo venha a falhar, os astronautas poderão ainda optar por saltar de pára-quedas por meio de seus assentos ejetáveis.

A medida que a nave aparelhada com a asa de Rogallo se aproxima do solo, os pilotos podem efetuar uma aterrissagem no estilo de avião, a umas 45 milhas por hora; a nave parará após 200 pés de ruidosa derrapagem sobre três patins de metal que saem dos flancos do Gêmini. Uma das áreas de aterrissagem projetada é um campo lodoso nas vizinhanças de Corpus Christi, no Texas, embora isso possa ser sempre mudado.

Algumas dificuldades de desenvolvimento relativas ao conceito da asa de Rogallo significarão que pelo menos os cinco primeiros vôos do Gêmini irão utilizar pára-quedas convencionais, da mesma maneira que o Mercúrio, e, como êle, descerão no mar.

Com o cancelamento de seu programa para o veículo planador de reentrada, o Dynasoar, à Fôrça Aérea foi atribuído o encargo de desenvolver um laboratório Orbitante Tripulado (MOL) para investigar os rigores e as potencialidades de vôos espaciais de um mês ou mais de duração. Para essa missão, foi escolhido o Gêmini como o veículo básico para levar e trazer homens e suprimentos destinados ao MOL.

De quando em quando, realizam-se sérios estudos para modificação da cápsula básica do Gêmini, o bastante para que ela possa efetuar um vôo ao redor da Lua e voltar à Terra. Alguns dos projetistas do Gêmini sentem-se soberbamente confiantes de que isso poderia ser feito por volta de 1965, com propulsores atuais, técnicas de encontro, e algumas alterações no Gêmini, tais como o acréscimo de maior blindagem e proteção térmicas, especialmente ao redor do corpo traseiro da nave. Tal vôo, além de dar aos Estados Unidos dianteira mais firme sobre os russos, aproveitaria também o período de tempestade solar mínima. Outros, entretanto, tinham dúvidas de que suficiente blindagem contra radiação e calor pudesse ser propiciada ou de que um sistema de orientação suficientemente seguro para o retôrno crítico à Terra pudesse ser preparado para o Gêmini a tempo de êle superar o Apolo.

CAPÍTULO XVI

UMA LUA SOVIÉTICA?

JÁ EM 1947, oficiais da artilharia russa e seus prisioneiros alemães, engenheiros de foguetes, bebiam e brindavam “à Lua”. Os soviéticos já haviam dado às suas forças armadas instruções para o desenvolvimento de foguetes com vistas a viagens espaciais e ao uso como armamentos.

Nos Estados Unidos, na mesma época e por mais dez anos depois, uma das coisas mais prejudiciais que um militar podia fazer à própria carreira era tecer comentários ocasionais sobre “vôo espacial”. A palavra “espaço” constituía tabu nas palestras de oficiais. Em seus debates, era necessário referir-se à Lua eufemisticamente como o “satélite permanente”. Mais recentemente, em 1958, planejadores governamentais de alto nível ingressaram, pelas portas dos fundos, em várias reuniões de sociedades de foguete; chamavam-se uns aos outros, encabuladamente, “Buck Rogers”, ao se encontrarem lá. Ainda mais recentemente, parte da opinião, à moda de Washington, admitia que os russos estavam prestes a se retirar da corrida espacial. A especulação era a de que, num sistema econômico como o deles, eivado de carestia e agüentando o ônus de uma grande máquina militar, um programa lunar representava simplesmente luxo demasiado caro; semelhante sistema econômico não podia arcar com um ônus de muitos milhões de dólares. “Estamos em condições de gastar muito mais que eles; assim se expressou uma autoridade dos Estados Unidos. Tal argumento ia além, afirmando que os russos provavelmente sentiam que já tinham tido sua recompensa, no tocante à espetaculosidade, com suas façanhas até então. Torna-se meridianamente claro que os russos nada farão, por si mesmos, para desmentir tal especulação, pelo menos não

conclusivamente. O próprio ex-Premier Krushchev fez uma porção de declarações alternadamente conflitantes, ao que parece astutamente destinadas a influenciar atitudes, nos Estados Unidos, concernentes ao seu próprio programa lunar. Ele deu a entender a visitantes norte-americanos que o envio de um cidadão soviético à Lua representava um desafio técnico severo demais para os russos enfrentarem financeiramente. “Não é uma questão de alunissá-lo, e sim de desalunissá-lo”, disse a certo momento, e a seguir fez claras alusões ao diretor norte-americano de revistas, Gardner Cowles, de que a necessidade econômica obrigava os soviéticos a desviarem dinheiro do programa lunar para maquinaria agrícola.

No início de outubro de 1963, os jornalistas citaram palavras que Krushchev teria dito: “Não desejamos competir no envio de pessoas à Lua”, mas a maior parte das publicações deixou de acrescentar a frase seguinte, “sem cuidadoso preparo.” E continuando: “Não estamos, atualmente, planejando vôos de cosmonautas à Lua. Os cientistas soviéticos estão-se ocupando desse problema. Ele está sendo estudado como um problema científico e o trabalho necessário está sendo feito.”

Apenas alguns dias depois, o cosmonauta Tenente-Coronel Yuri F. Gagarin e o embaixador soviético Anatoly F. Dobrynin, na Organização das Nações Unidas, declaravam francamente que a União Soviética se empenhara num programa de colocar homens na Lua antes de 1970. Podemos provavelmente supor que nenhum dos dois falava sem conhecimento ou permissão.

No dia 6 de novembro de 1963, Krushchev, falando ao presidente da junta administrativa da Avco Corp., Kendrick P. Wilson Jr., contradisse, aparentemente, suas declarações anteriores acerca das barreiras econômicas que impediam uma viagem soviética à Lua. Escarneceu das insinuações de que Moscou pudesse renunciar aos planos de exploração por razões financeiras. “Quando tivermos as possibilidades técnicas de fazer isso, e quando tivermos a certeza absoluta de que quem for enviado à Lua será trazido de volta são e salvo, então a viagem será perfeitamente factível, perfeitamente possível.”

Em julho de 1963, o diretor da enorme estação de rastreio de Jodrell Bank, da Inglaterra, Sir Bernard Lovell, relatou, após uma visita à União Soviética, que o presidente da Academia Soviética de Ciências, M. V. Keldysh, lhe dissera que um pouso lunar tripulado era considerado arriscado demais nos círculos espaciais russos. Keldysh mencionou o perigo de radiação como sendo um dos que particularmente preocupavam os soviéticos;

êstes achavam que só poderiam prever com alguns minutos de antecedência as tempestades solares. Keldysh disse também que achava que a própria manobra de alunissagem era por demais complexa para a tecnologia atual. Em vez de um programa lunar tripulado, os russos tentariam, então, colocar um observatório espacial tripulado, com um telescópio de 36 polegadas, e deixariam a exploração lunar a cargo de instrumentos.

Se Keldysh, Krushchev, e outros tinham segundas intenções em semelhantes declarações, dificilmente poderiam ter escolhido ocasião mais oportuna para fazê-las. Era exatamente então que o Apolo estava sofrendo os primeiros golpes severos nas comissões de verbas do Congresso. Porque, fôsse ou não admitido, o Apolo se constituíra numa competição com os russos, e a competição é dispendiosa. Se os russos estavam-se retirando, por que, então, continuar a dispendiosa corrida? Se fôsse realmente um ardil, táticas semelhantes, no passado, tinham colocado os russos em boas situações, quando, simulando um esforço numa ou noutra forma de armamento bélico, matreiramente obrigaram os Estados Unidos a tomar medidas de revide, dispendiosas e descabidas.

A questão então é: estão os russos empenhados na corrida à Lua, e se estiverem, têm possibilidades de ganhá-la?

Durante anos, as declarações de eminentes cientistas, engenheiros, e cosmonautas russos, indicaram que a Lua é um alvo fundamental dos soviéticos e, além disso, que há pouca dúvida em suas mentes de que lá chegarão primeiro. Até agora, os engenheiros soviéticos têm costumado especificar suas metas — quando não suas técnicas — e depois feito persistentes esforços para alcançá-los.

Em 1960, o Professor Leonid Sedov, um dos três principais administradores científicos da Rússia Soviética, disse que os russos podiam estar na Lua “dentro de dez anos”.

“Vocês nunca nos alcançarão”, disse um engenheiro e cientista russo a um visitante norte-americano em Moscou, em 1961. “Temos uma organização formidável e a determinação de manter a dianteira.”

A 12 de abril de 1962, Dia do Cosmonauta Soviético, o cosmonauta Yuri Gagarin afirmou, “Vôos à Lua, a Marte, e a outros planetas estão programados.” Entretanto, em consonância com o método soviético, as declarações oficiais a respeito das programações tornaram-se cada vez mais vagas com o correr do tempo. Um ano mais tarde, Gagarin admitiu que os soviéticos poderiam

ser vencidos na corrida à Lua, e os cientistas russos começaram a acentuar as dificuldades de uma viagem lunar.

Ao considerar a complexa especulação de que os russos poderiam estar financeiramente muito apertados para poder manter uma corrida à Lua, deve-se lembrar, antes de tudo, que o programa russo não terá de custar os 20 bilhões de dólares, ou algo assim, que custará aos Estados Unidos. Grande parte do custo norte-americano resulta do desenvolvimento de foguetes e tecnologia em base de urgência, ao passo que os russos se vêm ocupando disso há mais de dez anos.

É difícil acreditar que os russos fôssem dismantelar toda a sua organização espacial, que compreende atualmente um quarto de milhão de pessoas, ou mais, segundo algumas estimativas russas. Nem é provável que fôsse desperdiçar milhões de dólares investidos em tecnologia altamente avançada. Só os lucros financeiros de vendas crescentes de maquinaria e mercadorias agrícolas a outras nações, como resultado da propaganda do Sputnik, já cobriram, provavelmente, a maior parte dos custos do programa soviético. E isso, naturalmente, sem falar nos ganhos que obtiveram em toda parte do mundo por ter assim desafiado — e aparentemente vencido — os grandes Estados Unidos nos páreos iniciais da corrida espacial. Naturalmente, podemos também estar certos de que eles procurarão evitar o surgimento de outro alarma competitivo nos corações dos norte-americanos além do indispensável, enquanto ensaiam e preparam outras subseqüentes façanhas espaciais. Não há certamente ilusões nas mentes dos realistas soviéticos quanto a quem venceria se jamais viesse a ocorrer uma competição aberta entre o poderio industrial de uma América do Norte espicaçada e o da Rússia Soviética. As únicas vantagens principais que os soviéticos têm são uma grande dianteira inicial no tocante a grandes propulsores a foguete e, em escala mais restrita, ambições espaciais mais concentradas.

O pensamento predominante nos Estados Unidos, conforme foi expresso por James Webb, da NASA, é o de que ela chegou ao ponto em que tais vantagens não bastam. Uma missão lunar tripulada, em caráter de urgência, constitue um vasto empreendimento sejam quais forem as circunstâncias — empreendimento provavelmente grande demais para a Rússia, sustentam os que assim pensam. Se — e este é um grande se — o programa lunar dos Estados Unidos puder ser citado como exemplo, tal programa necessita de projetos de construção de milhões de dólares, em

diversos lugares do país, a par de desenvolvimento de foguetes e espaçonaves de muitos milhões de dólares.

Ao cidadão sem acesso a informações classificadas quanto ao que os Estados Unidos realmente sabem e ao que ignoram sobre os mais recentes progressos soviéticos, tal raciocínio não é totalmente tranquilizador. Na missilística, como em muitas outras coisas, os russos têm demonstrado sempre certo gênio para a grandiosidade. Por exemplo, já na primavera de 1960, eles tinham colocado em órbita, com sucesso, sete toneladas e meia, como uma plataforma da qual partiram suas tentativas de chegar a Vênus. Isso, lembremos, foi sem o concurso de uma fase superior a hidrogênio. Dêse fato, e de declarações feitas à Federação Internacional de Aeronáutica acêrca dos cavalos-fôrça do foguete, podemos conjecturar que já então eles tinham uma capacidade de empuxo de cêrca de um milhão de libras para o propulsor da primeira fase. O pêso de uma tonelada e meia e a velocidade quase que de fuga da carga útil do Lunik IV, já em 1963, indicam talvez algum progresso nesse particular, possivelmente uma fase superior acionada a hidrogênio ou aperfeiçoada de algum outro modo. Isso não está muito aquém do que um Saturno I de três fases, empregando hidrogênio nas fases superiores, poderia elevar. Os Estados Unidos, lembre-se, só iriam alcançar tal capacidade em 1964. Os propulsores básicos usados nesses e noutros lançamentos soviéticos em larga escala eram, muito provavelmente, mísseis balísticos intercontinentais, os T-3A e T-3B, de motores agrupados, possivelmente potencializados de alguma forma ou suplementados com motores adicionais. Parece existir apenas um motivo econômico para que os mesmos, ou maiores motores, não possam ser agrupados para formar foguetes portadores um pouco maiores. E, no que concerne à economia, tais motores já existem, satisfatoriamente testados, em quantidade. Mesmo que sejam incapazes de agrupá-los em quantidade suficiente para uma viagem direta à Lua, os russos conhecem já a técnica do encontro para a ela recorrer — técnica na qual parecem sobrepujar os Estados Unidos e que foi de três milhas de proximidade quando colocaram em órbita o Tenente-Coronel Popovich e o Major Nikolayev, em agosto de 1962. Os engenheiros soviéticos manifestaram por diversas vezes sua preferência pela técnica do encontro em órbita terrestre para uma missão lunar.

Mesmo sem agrupamento adicional de seus maiores motores a foguete, eles podiam ainda anexar foguetes sólidos aos seus maiores mísseis balísticos intercontinentais, basicamente líquidos,

como os Estados Unidos planejam para seu Titã III, e já provaram bem num Thor potencializado.

Finalmente, ao fim de 1963, informes insistentes vindos da Rússia falavam do ensaio de novos e poderosos foguetes porta-dores russos no Pacífico central — foguetes capazes de elevar uma carga útil de 30 toneladas, ou, segundo a Rádio de Moscou, “uma pequena casa residencial”. Estimativas indicam que o empuxo inicial de tais veículos deve ser da ordem de 4,5 milhões de libras. Um veículo de tal natureza poderia facilmente, por meio da técnica múltipla de encontro, ser capaz de realizar um pouso lunar. Mesmo sem encontro, seria capaz de propelir um Vostok ao redor da Lua e fazê-lo voltar à Terra muito antes de os Estados Unidos adquirirem tal capacidade. Semelhante façanha não surpreenderia quem se lembre de que os soviéticos já falavam de chegar à Lua antes do fim desta década, muito antes de a América do Norte entreter idéias que tais. Conhecendo o problema, começariam a trabalhar nêle com suficiente tempo de avanço.

Mas a chave para o programa lunar norte-americano, mesmo com gigantescas primeiras fases como as dos Saturnos V, será o desenvolvimento da tecnologia do foguete a hidrogênio líquido para as fases superiores. Sem isso, seus propulsores teriam de ser ainda muito maiores. Embora muitos acreditem que os soviéticos tenham evitado até agora um esforço oneroso no tocante a combustíveis de hidrogênio, sabe-se que têm pesquisado de há muito outros combustíveis, com aditivos de flúor e aditivos metálicos, que dão impulsos específicos bem ao nível dos do hidrogênio.

Indubitavelmente, os russos devem estar também prestes a desenvolver um motor a foguete nuclear. Já em 1957, os autores soviéticos discutiam desenhos pormenorizados para foguetes nucleares. A energia atômica ocupa segundo lugar, após a exploração espacial, na prioridade científica oficial da União Soviética; as duas juntas consomem talvez três quartos do orçamento total soviético de pesquisa e desenvolvimento. Devemos presumir que um passo bem adiantado seria a união das duas tecnologias. Mesmo um tósco motor nuclear, usado como uma fase superior, poderia impelir os propulsores soviéticos comuns potencializados para dentro da gama de pouso lunar, se fôr fornecida ajuda, no encontro orbital terrestre e lunar, ou por embalagens de combustível enviadas à Lua.

Finalmente, a gente raramente desiste quando está na dianteira. A América do Norte pode ser capaz de fazê-los exaurir todos os

recursos, mas os russos são capazes de fazer muito mais, por longo tempo ainda, com um orçamento relativamente modesto, em parte porque poupam seus recursos para os vôos espaciais tripulados — e atividades espaciais militares — e não procuram abranger tôda a gama do vôo espacial, como o fazem os Estados Unidos.

O programa lunar norte-americano será oneroso porque tem certas características de um programa de urgência, destinado a remediar seu passado retardado, com muita pesquisa paralela e alguns programas paralelos necessários para atualizar a tecnologia básica. Mesmo assim, o programa lunar norte-americano consumirá bem menos de um por cento da receita bruta nacional. O programa russo consumirá, provàvelmente, menor parte de sua receita bruta nacional, que é apenas de cêrca de 45 por cento a dos Estados Unidos. Além disso, o programa norte-americano, parcialmente devido à falta de um plano prévio abrangente, não dará prosseguimento a programas anteriores, de modo tão regular e econômico quanto o programa russo. O Congresso deve partilhar com a NASA tal crítica, por não encorajar suficientemente o financiamento de um plano decente de longo alcance.

A coisa mais impressionante acêrca do programa espacial soviético tem sido a de quão exatamente êle se vem ajustando a um plano integrado, cada etapa levando à seguinte, de modo o mais eficiente e econômico. Enquanto os Estados Unidos desenvolveram três espaçonaves distintas, três programas de desenvolvimento prolongados e uma porção de foguetes para realizar-lhe as primeiras missões tripuladas — o Mercúrio para a primeira órbita tripulada, o Gêmini para o encontro e missões mais longas, e o Apolo para órbita na Lua — os russos poderiam ter depositado sua confiança numa única nave espacial “expansível”, o Vostok, para realizar tôdas as três. Apesar de sua simplicidade, a espaçosa nave Vostok é um navio consideravelmente mais refinado que o Mercúrio, e, em muitos sentidos, que o Gêmini. Ela provê seu piloto com uma atmosfera de oxigênio e nitrogênio de pressão normal, ao invés da atmosfera um terço da normal, de oxigênio puro, dos dois programas dos Estados Unidos. Presumivelmente, uma atmosfera assim elimina mais uma possível fonte de tensão para o piloto, durante uma missão muito longa, bem como algum risco de incêndio no caso de penetração meteórica. Os russos têm um contrôle mais acurado da temperatura de suas espaçonaves do que os Estados Unidos com o Mercúrio, no qual tanto Glenn como Carpenter sentiram calor excessivo e desagradável depois de seu regresso da órbita.

Mais importante do que qualquer uma destas considerações é a possibilidade de que o Vostok seja potencialmente manobrável, tanto dentro como fora da atmosfera, com um par de estabilizadores curtos e grossos em sua secção central, para controlar-lhe a atitude de re-entrada. Isso poderia permitir às forças aerodinâmicas dar-lhe sustentação e controle maiores do que os do Apolo. O problema que persiste é qual, tais estabilizadores ou a blindagem técnica da nave, pode-se esperar resista aos aquecimentos muito mais elevados do regresso de uma viagem à Lua; contudo, podemos supor que um estabilizador inadequado possa ser posteriormente substituído por outro mais resistente ao calor, de ablação, ou com resfriamento líquido de alguma espécie. A nova tecnologia fornecerá uma blindagem térmica adequada para a cápsula, sem dúvida, todavia se a asa curta pudesse ser aumentada um pouco para gerar alguma sustentação. haveria sempre a possibilidade de que não tivesse de reentrar tão abruptamente, mantendo assim as cargas caloríficas em nível baixo e as cargas de gravidade em nível ainda mais baixo. De vez em quando, os russos também falavam de freagem a retrofoguetes, como se efetivamente pensassem em diminuir a velocidade da nave durante a reentrada do espaço profundo, de modo que ela pudesse mergulhar na atmosfera não muito mais depressa que durante um regresso de órbita. Para obter-se o combustível necessário a isso, seria mister, muito provavelmente, um encontro em órbita lunar. Alguns informes indicam que o Vostok tem retrofoguetes a combustíveis líquidos de longa combustão. Se assim fôr, tais combustíveis serão provavelmente não-criogênicos e poderão ser armazenados por longos períodos. Esses foguetes, naturalmente, providos de tanques aumentados de combustível, seriam também adequados para realizar mudança de plano, correções de meio-curso, encontro e freagem de reentrada. Provavelmente, essa combinação do Vostok era a base do satélite manobrável "Polyot" de 1963. Dado o diâmetro do Vostok, de quase dez pés, parece não haver razão para que não pudesse ter sido equipado com três assentos, um ao lado do outro, para tornar-se o Voskhod, a espaçonave soviética de três tripulantes. Os navios espaciais soviéticos de cinco toneladas, o Vostok e o Voskhod, utilizam a mesma configuração modular do Gêmini e do Apolo, com compartimentos ambientais, fontes de energia elétrica, equipamento pesado, e combustível levado num reservatório separado, para ser rejeitado na reentrada. Isso indica que o Vostok se destina não só a missões mais longas do que alguns dias como também a manobras e, possivelmente, até mesmo a trajetórias de retôrno da Lua. Nestes últimos casos,

um módulo de combustível vazio poderia ser refugado e substituído por um cheio, enquanto em órbita lunar. Mas é sempre difícil dizer como os russos construíram seus componentes espaciais tripulados. Suas fotografias são quase sempre pesadas e tôscamente retocadas, enquanto suas descrições técnicas se mantêm vagas e confusas — esquisito jôgo que praticam para baldar a análise técnica. De vez em quando, parecem criar ou estimular o transpirar de informações técnicas daninhas e falsas.

Além de desenvolvimento mais avançado de foguetes e naves espaciais, dois outros particulares podem ajudar os russos numa corrida à Lua contra os Estados Unidos. Um dêles são as diversas plataformas de lançamento e o curto “tempo de permanência” na plataforma para seus propulsores maiores — isto é, não só podem lançar simultâneamente foguetes portadores de homens, como também ter ràpidamente novos foguetes prontos nas plataformas — ao que parece dentro de vinte e quatro horas. Os Estados Unidos têm uma plataforma para o Atlas — N.º 14 — aparelhada para lançar um homem. Se tivesse sido danificada por uma explosão do Atlas, poderia fazer com que o programa Mercúrio dos Estados Unidos se atrasasse de um ano. Já na primavera de 1961, de 9 de março a 12 de abril, os vermelhos puseram em órbita três espaçonaves, modelo Vostok, duas delas contendo animais e a terceira o cosmonauta Yuri Gagarin. E ao fim do verão de 1962, lançaram dois Vostoks portadores de homens no intervalo de vinte e quatro horas, e, aparentemente, uma semana e meia mais tarde, outro foguete a Vênus, que falhou. A inter-rogação que permanece é se tentarão tirar proveito dessa média de lançamento rápido, que existe para foguetes relativamente pequenos, a fim de realizar diversos encontros para uma viagem à Lua. Nos Estados Unidos, as instalações de lançamento de disparo rápido são consideradas, por alguns, como “fator de rapidez” no programa lunar norte-americano.

A parte as instalações de lançamento de disparo rápido, a façanha russa de 1962, de colocar dois Vostoks em órbita a três milhas um do outro, diretamente da plataforma de lançamento, parece ainda notável. George M. Low, diretor de espaçonaves e de missões de vôos da NASA, disse que a América do Norte não será capaz de lançar seus Saturnos V tão prontamente quanto queira, mesmo que êles já estejam prontos para voar. Em vez disso, quaisquer missões de encontro em órbita terrestre que os Estados Unidos se proponham a efetuar terão de passar pela incômoda rotina da “elipse de caça” ou “elipse de faseamento” em que as duas naves que se vão encontrar aproximam-se por ter órbitas de períodos diferentes.

Isto parece bastante claro. Em vez de se emparelhar com os russos, a evidência imediata é a de que a América do Norte está perdendo terreno para eles. Ela estava quatro meses na retaguarda quando do lançamento do Sputnik I, dez meses quando da colocação do primeiro homem em órbita; está levando cerca de dois anos ou mais de desvantagem quanto à habilidade de colocar cargas úteis nas proximidades do encontro, e quase outro tanto na capacidade de construir uma espaçonave manobrável de grande tamanho. Até o início de 1962, ela sequer tomara as primeiras providências para obter capacidade de encontro, ao passo que os russos, de maneira bastante óbvia, construíram pelo menos três plataformas para foguetes com isso em mente, pouco antes de 1960. Parece difícil imaginar que a América do Norte esperasse jamais adquirir qualquer efetivo *savoir-faire* em esforço espacial ambicioso sem primeiro assenhorear-se dos princípios do encontro.

Uma grande parte do sucesso espacial soviético pode ser atribuída a um empuxo de propulsão maior do que o necessário, o qual permitiu aos seus projetistas usar componentes aviatórios pesados e bem concebidos em suas espaçonaves, em lugar da instrumentação altamente comprometida, frágil e inadequadamente ensaiada, que falhou em muitos disparos norte-americanos. Todavia alguns engenheiros norte-americanos de espaçonaves supõem atualmente que outra característica possa estar envolvida: os russos podem ter tido uma filosofia de projeto superior, que exigia certa rudeza e simplicidade de acesso, com diversos sistemas em duplicata para proverem substituição em caso de um deles falhar. Os norte-americanos, fascinados com seu próprio virtuosismo, foram acusados de engenharia em excesso — de complicar demais as coisas. Em vez de usar sistemas simples em duplicata para obter redundância asseguradora de segurança, os engenheiros norte-americanos projetavam algumas vezes um sistema totalmente novo, que empregava técnicas diferentes como reserva. Em alguns casos, como no Mercúrio, os quatro sistemas de controle alternado foram instalados parcialmente devido à mera incerteza quanto ao que um piloto seria ou não capaz de fazer no sentido de controlar a atitude da espaçonave. Semelhante acesso foi quase fatal na cápsula do Mercúrio, onde as dificuldades se avolumaram e os pilotos ficaram confusos. A essa tendência de “folhar a ouro” não resistiam amiúde nem os empreiteiros, que, conseqüentemente, poderiam justificar um trabalho de construção mais elegante e mais caro.

Além de seu custo elevado, de seu atraso em potência propulsora, e de um acesso difuso, o programa espacial norte-americano

é obstado por grande número de outros problemas, dos quais não são os menores uma estrutura deliberativa difícil de manejar e um incômodo sistema de empreitada, que prolonga o tempo de desenvolvimento. O caso do foguete Centauro, investigado pelo Congresso em 1962, conquanto não absolutamente crítico na corrida à Lua, foi um exemplo perfeito dos problemas que revelou a respeito do programa dos Estados Unidos. Havia um grande número de problemas anormais pelos quais a comissão do Congresso censurou não só a NASA como também a firma empreiteira, a General Dynamics — “direção frouxa e inepta”, “esfôrço débil”, bem como alguns erros de engenharia posteriormente descobertos. Mais instrutivo, porém, foi o que a audiência revelou sôbre atrasos que são considerados perfeitamente normais em qualquer programa espacial dos Estados Unidos e que por isso não foram criticados. Como exemplo, um dos principais atrasos foi a obtenção de emendas contratuais para alterações técnicas no Centauro consideradas necessárias ou aconselháveis à medida que o projeto avançava. Em muitos casos, mesmo as alterações técnicas especificadas pelo próprio Centro Marshall de Vôo Espacial da NASA eram discutidas em propostas, “estimativas de planejamento” e “estimativas de área” — resmas de papel, das quais cada peça presumivelmente tinha de passar por inúmeras caixas de entrada e saída e conferências antes de o contrato ser assinado e o trabalho poder prosseguir. O aspecto irônico era quão resignadamente isto era aceito, através das audiências, como parte inevitável do lidar com o govêrno. Examinemos, por exemplo, o seguinte diálogo entre Krafft Ehricke, diretor do programa astronáutico Centauro da General Dynamics, e o Congressista Joseph E. Karth, presidente da Subcomissão da Câmara para Ciências Espaciais, no dia 18 de maio de 1962:

(A comissão acabara de ouvir uma série de narrativas de casos em que as deliberações para se processarem alterações técnicas necessárias ao programa Centauro não foram prontamente coadjuvadas por alterações contratuais que autorizassem a General Dynamics a prosseguir. Num caso que foi relatado, essa rotina burocrática resultou num atraso de quinze meses na programação do Centauro.)

MR. EHRICKE: Permite-me, senhor, fazer uma exposição suplementar? Creio, por experiência própria, que o problema entre uma diretiva técnica por vir e a cobertura contratual dela é um problema permanente. Em muitos casos, no período anterior, também tivemos isso (êle se refere aqui à época em que a General Dynamics estava desenvolvendo o Míssil Balístico Intercontinental Atlas numa base altamente prioritária) e a razão principal disso...

MR. KARTH: É isso bastante normal em quase qualquer tipo de veículo que qualquer empreiteiro esteja desenvolvendo para a NASA?

MR. EHRICKE: Sim, é.

MR. KARTH: Não é verdade que também para a Fôrça Aérea ou o Exército ou qualquer outro departamento?

MR. EHRICKE: Sim.

MR. KARTH: Essa é exatamente a natureza do foguete e todos têm o mesmo problema, não é certo?

MR. EHRICKE: Sim, é certo.

MR. KARTH: Muito bem.

(Neste ponto, temos de imaginar as vaias, os gritos e os assovios dos russos.)

Outra desvantagem dos Estados Unidos é a natureza difusa de seu talento, disperso como está por cinco mil companhias distintas, a maior parte delas competindo entre si em vez de competir com os russos. Espera-se que isso um dia venha a funcionar em benefício da América do Norte, mas, entrentes, tal situação sòmente multiplica propostas que demandam tempo e talento para tomar corpo, e tempo e talento adicionais para que se lhes julguem os méritos. Numa corrida à Lua, não é pròpriamente a melhor máquina ou o melhor plano que prevalecem, mas ùnicamente o que provou ser de fato suficientemente bom.

O que é necessário é escolher algo e empregar nêle o melhor talento que se possa encontrar — mas com um projetista de espaçonaves altamente qualificado, que seja também bom superintendente como chefe absoluto. Em vez disto, mesmo depois de o contrato ter sido concedido, havia pelo menos três equipes de projetistas trabalhando no módulo de comando do Apolo, todos com autoridade — o Departamento de Vôo Espacial Tripulado, em Washington; o Centro de Veículos Espaciais Tripulados, em Houston, e os projetistas da North American, em Downey, Califórnia. Naturalmente, êles tinham de resolver suas diferenças de opinião, e isso levava tempo. Todos os centros da NASA sustentavam que deviam continuar a fazer projetos para adquirir competência técnica a fim de julgar o trabalho de seus empreiteiros. Realmente, a NASA está tentando mais e mais penetrar os departamentos de pesquisa e desenvolvimento de seus empreiteiros com seus próprios pareceres técnicos e diretivos. Entre as dificuldades advindas disso estão as de que as próprias equipes da NASA que nem sempre são as melhores, e de que suas próprias comunicações internas têm fama de serem tremendamente ruins, bem piores do que a maioria dos empreiteiros permitiria nas suas organizações.

Nos Estados Unidos, além da proliferação de construtores, tem havido também proliferação de organizações de política espacial e planejamento. Enquanto as organizações espaciais civis ou militares da Rússia são idênticas, os Estados Unidos mantiveram sempre programas civis e militares separados. Além da NASA, há departamentos espaciais separados da Força Aérea, da Marinha, e do Departamento de Defesa, bem como o Conselho Nacional de Aeronáutica e Espaço, a Comissão Consultiva de Ciências do Presidente, a Junta de Ciência Espacial da Academia Nacional de Ciências, e duas Comissões do Congresso, cada qual com diversas subcomissões. O lastimável não é tanto a existência de uma chusma de planejadores espaciais civis e militares, mas o fato de não parecerem muito capazes de combinar seus talentos e equipamento para um objetivo comum.

O atual ímpeto da NASA no sentido de descentralizar-se está causando outros problemas; tal ímpeto não é de modo algum desencorajado por proeminentes figuras políticas que têm influência no programa espacial. Assim, um dos primeiros atos após o início do projeto Apolo foi o de mudar completamente o Grupo-Tarefa do Espaço da NASA, de seus alojamentos da Base de Langley da Força Aérea, Virgínia, para Houston, Texas, onde instalações especiais, no valor de 600 milhões de dólares, seriam construídas para ele. Muitos, na NASA, lamentaram a mudança para Houston no momento crítico em que o projeto Apolo estava sendo engrenado. Afirmaram que ela não só aumentou a confusão, que seria de esperar no início de tal projeto, como também esticou demais as linhas de comunicação entre Washington, onde grande parte das decisões técnicas eram tomadas, e Houston, onde eram postas em prática. Essa mudança provavelmente causou um atraso no programa lunar calculado, por diversas pessoas, como sendo de vários meses a um ano. É certo que o Centro de Espaçonaves Tripuladas foi um lugar caótico durante os muitos meses que a mudança levou, com a metade de seu pessoal ainda em Langley ou procurando mudar-se. A principal razão apresentada para a mudança foi a de que na área de Langley não havia espaço suficiente para o aumentado grupo-tarefa. Contudo, tal razão deixa perplexo o visitante que não vê senão pinheirais cobrindo a região a oeste de Langley.

O verdadeiro motivo da mudança era muito simples — um duo poderoso do Texas — o então Vice-Presidente Lyndon Johnson e o membro da Câmara dos Representantes Albert Thomas, de Houston — queriam declaradamente mais departamentos espaciais no Texas. Johnson era o dirigente do Conselho Nacional

da Aeronáutica e do Espaço, ao passo que Thomas ocupava posição ainda mais poderosa como presidente da Subcomissão de Departamentos Independentes da Câmara, que maneja o orçamento da NASA. Thomas insistia em que o Centro de Espaço-naves Tripuladas, orçado entre 200 e 600 milhões de dólares, fôsse para Houston, e, com a ajuda de Johnson, não havia muitas pessoas à volta para dizerem não.

Várias dessas passas políticas foram arrancadas ao bôlo do Apolo e cada uma delas retardou-lhe mais o cozimento. Durante as audiências para votação do orçamento, os membros do Congresso fizeram repetidas e claras insinuações aos dirigentes da NASA, dizendo que gostariam de ver um pouco do dinheiro do Apolo canalizado para seus Estados natais. Poucos artífices da política negam que sentem que a indubitável fôrça social implícita em investimentos maciços deve ser disseminada. Admitem que isso é, geralmente, uma consideração para a contratação. Mas tôdas essas manobras contribuem para agravar os esmagadores problemas de administração e comunicações, para não mencionar o problema de componentes de má qualidade que surge. Os técnicos de alta qualificação, com decisões a tomar, queixam-se constantemente de que não sabem o que se passa em Washington e de que, freqüentemente, têm de até mesmo depender de informações de visitantes ocasionais que lá estiveram recentemente. Num projeto intimamente interdependente e de tal vulto como êsse, surgiu recentemente um grande grupo de homens que passam o tempo a viajar vários milhares de milhas, de lá para cá, conduzindo informações.

Com ou sem homens de ligação, o programa está sujeito a perder boa parte daquela valiosa fecundação cruzada que ocorre quando pessoas se reúnem ao redor de uma mesa de café ou quando se encontram nos corredores. Uma das primeiras lições aprendidas na investigação do atraso do programa Centauro foi a de que a administração técnica propiciada pelo Centro Marshall de Vôo Espacial em Huntsville, Alabama, era incompetente para resolver os problemas que ocorriam cotidianamente na fábrica da General Dynamics em San Diego, Califórnia, tão só por causa da distância. A despeito disso, a dispersão continua, o Apolo perde, e as linhas aéreas e as companhias telefônicas interurbanas auferem lucros enormes.

Entrementes, o Professor G. I. Pokrovsky, um dos principais cientistas espaciais russos, afirmou que as contradições entre as organizações dos países capitalistas tornam um bom plano espacial impossível.

O sistema peculiar dos russos para administrar seu programa espacial total parece ser um sistema civil-militar rigoroso, que pode ser rapidamente mobilizado em programas do tipo Projeto Manhattan para cumprir objetivos políticos determinados pelo Partido Comunista. Esses objetivos de alta prioridade são o foco de um esforço maciço por parte de grupos-tarefa especiais atuando sob o comando de um só homem, um homem de grande competência técnica e com ampla responsabilidade e autoridade para empregar grande parte das energias e recursos do Estado no cumprimento da vontade do partido.

As energias e os recursos espaciais da Rússia são impressionantes. Dois terços do total de seus graduados de instituições de ensino superior pertencem aos campos de engenharia e de ciência, especialmente Ciências Físicas. Em 1959, a Rússia diplomou cerca de 86 000 estudantes de ciências e engenharia, em confronto com os 36 000 dos Estados Unidos — e, desde então, o número de matriculados tem diminuído nos Estados Unidos. Os cientistas vermelhos são considerados, pelos observadores norte-americanos, competentes e bem adestrados, pôsto que raras vezes tão altamente especializados quanto os dos Estados Unidos. As escolas de Engenharia soviéticas são geralmente consideradas, pelos observadores ocidentais, como um pouco abaixo dos padrões ocidentais. Os cientistas e engenheiros da Rússia, juntamente com seus matemáticos, formam uma elite, numa cultura que propala ser sobretudo uma cultura “científica”. Alguns calculam que 40 por cento dos planejadores e políticos russos são tècnicamente instruídos — em contabilidade, talvez, em razão de sua alta média de deliberações acertadas no tocante a questões espaciais.

Líderes russos afirmaram que o futuro pertence à nação que possuir os melhores matemáticos. Tradicionalmente — mesmo na época czarista — os russos têm enfatizado a importância do ensino da Matemática desde as escolas elementares; todavia nestes últimos anos, a Matemática vem recebendo ênfase ainda maior, de maneira que, atualmente, os matemáticos estão entre as pessoas mais respeitadas e mais bem pagas da União Soviética. Os russos estão convencidos de que o progresso técnico depende da compreensão teórica aprimorada dos problemas básicos que a Matemática suscita. Por exemplo, muitos matemáticos dos Estados Unidos admitem uma superioridade russa no lidar com a equação diferencial não-linear — da qual o Problema dos Três Corpos na navegação espacial é apenas um exemplo — e, recentemente, têm-se aumentado os esforços no sentido de melhorar a posição dos Estados Unidos nessa área. Outros na América do Nor-

te desdenham a gravidade do problema, alegando que os computadores cuidarão disso, mas seus antagonistas afirmam não aguçarem os computadores a acuidade da capacidade intuitiva resultante do entendimento mais profundo, nem levarem a novas técnicas matemáticas.

Um problema da engenharia americana, acusam alguns, é o de ter um alicerce teórico muito superficial. Os norte-americanos, com muita frequência carentes de uma vigorosa análise matemática dos problemas, têm lançado mão de métodos sob medida e de simulação, sem ter um entendimento científico dos princípios e dos fenômenos implicados. Semelhante situação, dizem os críticos, é análoga à de tentar construir uma bomba atômica por tentativas, e ajuda a explicar o ubíquo aparecimento, por todos os Estados Unidos, de cientistas e engenheiros europeus. Contribui para os longos períodos que são exigidos para a construção de foguetes e aviões norte-americanos, calculados por alguns como sendo duas vezes maiores que os de que carecem os russos. Há evidência, em particular, de que a superioridade dos russos na dinâmica de fluidos e gases — a posse de equações matemáticas — pode ter-lhes abreviado os tempos de desenvolvimento dos grandes motores a foguete. Os motores a foguete da América do Norte têm simplesmente uma tendência a explodir por causa de complicações internas de ondas de choque, que desnorteiam os missilistas e resultam em longos períodos de prova, desmontagem, alterações e reensaio.

Contrastando com a má vontade da NASA, amiúde conservadora e grosseira, em discorrer sobre planos espaciais ou especulações para o futuro, o governo russo, por intermédio de seus porta-vozes mais importantes, bombardeia constantemente seus cidadãos com idílicos sonhos espaciais, que vão desde minerar os cinturões de asteróides até viajar para além do sistema solar. Embora seja permitido, a esses porta-vozes vermelhos, falar animadamente enquanto as metas estão vagas e distantes, eles se fecham em copas quando tais realizações se aproximam da realidade. São também notadamente reticentes no tocante a coisas como os custos de seus programas. As razões de todo esse sigilo são, presumivelmente, encobrir os fracassos, frustrar a análise técnica, e amortecer os golpes ao moral de seus cidadãos que a revelação dos custos da exploração espacial acarretaria — especialmente numa época em que os cidadãos não estão vivendo muito bem.

O programa espacial soviético tem-se desenvolvido em etapas planejadas com precisão e que são surpreendentemente simi-

lares às estabelecidas pelo grande pioneiro teórico russo de foguetes, K. E. Tsiolkovsky, há mais de sessenta anos atrás. Partindo de diversas fontes, pode-se articular um plano russo. A probabilidade é de que os fatos se desenrolem aproximadamente assim:

Podemos aguardar, a certo momento num futuro próximo, um satélite russo não-tripulado equipado com TV, em órbita ao redor da Lua, o qual elaborará um mapa lunar. (Um instrumento dessa natureza aparentemente malogrou no disparo do Lunik IV realizado no início de 1963). Logo depois, lançarão um robô instrumental portador de TV para pousar suavemente na Lua, fornecendo ao mundo as primeiras informações fidedignas quanto ao que seja a superfície lunar e lavrando outro tanto com isso. Esse robô pode ou não ser um pequeno tanque móvel, dependendo do tipo de dificuldades de engenharia que forem encontradas ao projetar um veículo móvel, de pouco peso, que possa funcionar na poeira e alto vácuo, sob as condições lunares. Os principais problemas que os engenheiros russos terão de superar no vôo serão a direção e o controle do foguete, principalmente nas etapas finais do descenso do pequeno tanque à Lua, sem avaria. Até agora, a direção e o controle automáticos dos soviéticos têm sido excelentes em sua precisão e segurança, mas podemos esperar alguma piora à medida que os próprios soviéticos finalmente se lançarem aos problemas de miniaturização ligados à potência alongada de foguetes. Com seus atuais propulsores, essa alunissagem do pequeno tanque poderia ser possível se lograssem atingir aproximadamente o mesmo nível da engenharia pouco leve que existirá no veículo norte-americano Surveyor.

Enquanto isso, podemos antecipar continuadas práticas de encontro em órbita terrestre — etapa necessária, não importando se cogite ou não de uma alunissagem ou de um observatório espacial tripulado. Quase ao mesmo tempo, é de se esperar o vôo, ao redor da Lua, de um Vostok modificado, mas não-tripulado. As principais dificuldades técnicas, no caso, serão a preparação de encontro em órbita terrestre para reabastecimento, para a trajetória de travessia e direção, na trajetória de retorno, visto que o Vostok, muito provavelmente, estará transportando uma carga de combustível adicional quando tiver de fazer a correção de meio curso necessária ao regressar. No passado, os russos evitaram inteiramente a correção de meio curso; evitaram-na, por exemplo, no caso de sua nave Lunik III, destinada a fotografar a Lua, que cumpriu uma trajetória de travessia realmente

difícil em 1959. A trajetória de retôrno do Lunik foi feita ao acaso e êle acabou por incendiar-se na atmosfera terrestre. Uma boa previsão, para uma carga não-tripulada de instrumentos lançados à Lua, será 1964 ou 1965, e para um vôo tripulado ao redor da Lua, num Vostok, não muito depois de 1965. Em qualquer dêesses casos, a decisão poderia se atrasar tanto quanto possível, e ainda assim suplantar vôos norte-americanos similares, como os russos o fizeram, aparentemente, com os seus primeiros vôos tripulados. Concebivelmente, poderiam êles realizar alunissagens tripuladas por volta de 1967 — digamos, por ocasião do quinquagésimo aniversário do comunismo na Rússia, em outubro daquele ano. De qualquer modo, deveríamos esperar que tais vôos fôssem precedidos por uma orbitagem lunar tripulada antes disso, digamos, em 1966.

Em resumo, poderíamos dizer que, embora os russos tenham declarado que não estão empenhados numa corrida à Lua, devemos presumir que de modo algum abandonaram a idéia de alcançar a Lua. Prefeririam realizá-lo a seu tempo, naturalmente, e não serem pressionados a um esforço oneroso e consumidor de fôrça humana, que uma competição total acarreta. A declaração do Acadêmico Keldysh a Lovell encerra, provavelmente, boa dose de verdade: os soviéticos estão deveras preocupados com o risco da radiação e com o pouso tripulado na Lua, e estão provavelmente preocupados com a subsequente decolagem. Êsses são problemas que fazem rigorosas exigências às aptidões de espaçonaves altamente requintadas. A principal defesa com que os norte-americanos irão contar contra a radiação serão a previsão adequada e a capacidade de realizar um abôrto seguro em quase qualquer ponto do vôo. Tal manobra de abôrto, entretanto, é a mais difícil de tôdas as tarefas da nave Apolo, porque exige informação instantânea de um computador sôbre como disparar os motores de meio curso para regressar a uma área acolhedora em terra. Os soviéticos prefeririam, sem dúvida, que seu vôo se realizasse durante o período de mínima fulguração solar — digamos, em 1972 ou mais tarde. (A América do Norte, no entanto, introduziria, sem dúvida, capacidade de abôrto em sua nave, quer ela voasse no período mínimo ou não. Um vôo à Lua, sem tal capacidade de abôrto, seria inaceitavelmente temerário). A alunissagem e a decolagem são quase tão difíceis quanto o abôrto, e estão, provavelmente, bem além do atual estado da perícia soviética. Todavia, daqui a cinco anos, ambas estariam provavelmente ao alcance de tal estado.

Os soviéticos prefeririam dispor de mais tempo, mas é também possível que possam permitir-se avançar um pouco mais

lentamente em seu programa, porquanto têm uma dianteira inicial em missilística, construção avançada de espaçonaves, instalações de lançamento, conhecimento dos efeitos espaciais sobre os homens, e técnicas de encontro. O bem divulgado programa do Apolo é, sem dúvida, um vexame para eles, porque lhes rouba parte da iniciativa referente a quão depressa possam prosseguir.

Em resumo, são acentuadas as possibilidades de que os russos não se consideram empenhados numa competição; de que se sintam, muito provavelmente, um pouco inseguros e suplantados. Entretanto, se a América do Norte afrouxasse apenas ligeiramente seu próprio esforço, teria, com toda a probabilidade, uma corrida com que se haver. Na situação atual, parece quase certo que os soviéticos serão os primeiros a colocar instrumentos requintados na Lua e que terão a primazia em vôos tripulados circunlunares e orbitais lunares.

De vez em quando, nervosos espectadores europeus, cientistas de ambos os lados, e onerados contribuintes norte-americanos, conjecturam se os Estados Unidos e a Rússia poderiam ou não associar sua perícia para fazer do programa lunar uma aventura conjunta. Finalmente, em fins de 1963, após terem os russos sondado tal possibilidade, o Presidente Kennedy estarreceu o mundo ao propor tal cooperação. A proposta foi considerada com ansiedade, mas as oportunidades reais de uma efetiva cooperação norte-americano-soviética pareciam ser reduzidas. Quanto a colocar uma cápsula Apolo tripulada no topo de um propulsor soviético, seria algo manifestamente impossível. Propulsores, cápsulas de precisão e filosofias de projeto, para não mencionar os sistemas métricos e inglês de medidas são por demais diferentes e tão intimamente articulados ao programa tripulado de cada nação, que não permitiriam muita permuta de parte a parte. Concebivelmente, uma cápsula de exploração, não tripulada, relativamente simples, poderia ser lançada num foguete de outra nação; porém, o transtorno e o gasto para realizar até mesmo tal façanha, em conexão com um programa lunar, dificilmente o tornaria compensador.

As maiores áreas para cooperação estão no intercâmbio de informações científicas. Presumivelmente, os russos sabem mais acerca dos efeitos do vôo espacial prolongado sobre seres humanos, e, com esse conhecimento, os Estados Unidos poderiam possivelmente prescindir de alguns lançamentos tripulados de pesquisa, no Projeto Gêmini, por exemplo. Similarmente, uma

partilha de conhecimentos adquiridos pela exploração não-tripulada da superfície lunar, por meio de instrumentos, adiantaria, sem dúvida, a construção de máquinas de pouso. Mas a maior parte dos efeitos de longo alcance da proposta do Presidente Kennedy far-se-ia sentir, dentro dos Estados Unidos, nas atitudes para com o programa lunar. Se êle pudesse não mais ser considerado como uma competição com a Rússia, estaria sujeito a perder um pouco de sua urgência.

CAPÍTULO XVII

A CONFIANÇA CRESCE

DE CERTO modo, um esforço espacial é quase tão desagradável de suportar quanto um esforço de guerra. Alguns anos atrás, quando as pessoas já haviam começado a pensar que tudo que podia ser explorado já o fôra; quando começaram a se revolver em seus leitos antes de se acomodar a uma eternidade de apenas deixar-se viver; e quando a intrepidez física se tornara uma virtude discutível — as novas fronteiras do espaço se abriram, repentinamente. Prometiam tornar-se as mais duradouras, perigosas e desafiadoras fronteiras de todos os tempos.

Uma nova invenção — o instrumento mais poderoso em toda a história do Homem — está sendo agora forjada e afiada. Essa invenção é o esforço congregado de um milhão de mentes técnicas. É composta de membros de tôdas as disciplinas científicas e técnicas, mas suas aplicações imediatas parecem limitadas a algo quase tão gigantesco, imperioso e fascinante quanto a atividade espacial ou a guerra. Por causa de seu tamanho e de influência sobre a economia, o instrumento parece ser auto-perpetuador. Já que a América do Norte, para realizar o vôo do Apolo, terá, na década de 1960, elevado a curva do esforço e das despesas a ponto tão alto, e alcançado tal nível de organização e de força humana — deixar tal conquista decair e desaparecer seria um prodigioso desperdício de talento, técnica e dinheiro. O futuro, naturalmente, é incognoscível, mas a exploração espacial parece destinada a consumir considerável porção da riqueza e da atenção do futuro. Parece mesmo, algumas vezes, que o Homem está nas mãos de um destino sobre o qual tem pouco domínio, um destino que nos está empurrando, tranqüila mas firmemente, para a fronteira. Pois mesmo que não tivésse-

mos resolvido ir à Lua nesta década, teríamos, inevitavelmente, ido à Lua mais tarde. E, para fazê-lo, teríamos de ter criado êsse instrumento.

Para alguns, o programa lunar dos Estados Unidos parece ter, provàvelmente, efeito mais profundo sôbre a sociedade e a economia norte-americanas do que a construção das pirâmides teve sôbre a sociedade e a economia do Egito. Para muitos, as razões disso tampouco são melhores. De vez em quando, inclusive, algumas das pessoas que estão profundamente empenhadas no projeto Apolo chegam a sentir-se comprometidas no trato de fôrças maiores do que aquelas que podem compreender. Isto, pelo menos, é desagradàvelmente óbvio: não se pode lançar um empreendimento de tal magnitude num país sem que êle acarrete profundos efeitos, não só sociológicos como também psicológicos. O que está em causa não é simplesmente a NASA ou o Apolo, nem mesmo, atualmente, orçamentos incrivelmente grandes, e sim um compromisso irrevogável com o desenvolvimento futuro que o programa implica. O esforço espacial só tende a aumentar. A revista *Fortune* calcula que, por volta de 1970, o orçamento seja de 200 bilhões de dólares.

Já, emergindo de sua esporádica perplexidade, a administração tècnicamente orientada, que herdou a velha organização, pequena e tranqüila, da NASA, teve de contratar equipes de sociólogos, economistas, e profundos pensadores, de várias províncias, para abrir caminho através de novos e estranhos tipos de alternativas: o mandato espacial *versus* a reserva nacional de fôrça intelectual; competição interna entre indústrias *versus* competição internacional entre superpotências; competência industrial *versus* economias regionais; maciças necessidades centralizadas *versus* a própria livre emprêsa.

A não ser pela produção para a defesa, a indústria norte-americana como que ignorou o espaço durante aproximadamente três anos após o Sputnik I. Por volta de 1960, ela despertou repentinamente e, ao cabo de pouco mais de um ano, algumas dessas companhias tinham mais compromissos espaciais em andamento do que qualquer outra coisa. Em 1961, havia mais de cinco mil firmas empenhadas no programa espacial.

A maioria das grandes companhias construtoras de aviões tradicionais abandonou parcial ou totalmente tal campo para se dedicar ao programa espacial. Mas tão logo uma companhia abandonava o aspecto militar missilístico do trabalho espacial para entrar no esforço civil, via-se, na verdade, numa atmosfera rare-

feita. Pois, por longo tempo ainda, as máquinas espaciais civis serão, na maioria, itens de pesquisa e desenvolvimento. Não se necessita de grande número delas, e, na maior parte, elas são virtualmente feitas a mão. De que se necessita mais é conhecimento. Cêrca de 71 por cento das verbas contratuais da NASA destinou-se a pesquisa e desenvolvimento. As grandes companhias produtoras de aviões tornaram-se em grande parte, laboratórios de pesquisa de tipo universitário, que empregam o tempo realizando "estudos" ou juntando dispositivos talvez não maiores nem muito mais complicados do que máquinas de lavar, e afixando-lhes etiquêtas de preço de vários milhões de dólares. Enquanto suas gigantescas usinas de montagem permanecem paradas, elas apressadamente fazem entrar numerosos reboques alugados, estacionam-nos apertadamente em qualquer espaço disponível e os enchem de equipamento de pesquisa e bacharéis em Ciência. A piada corrente é a de que os reboques são usados para, quando uma companhia perde um grande contrato, o laboratório completo, com seu pessoal e equipamento, poder ser mudado e pôsto em ação no terreno da companhia que ganhou o contrato, sem interromper o trabalho em andamento.

"Instalações para Pesquisa Espacial" foram construídas em tôdas as companhias e equipadas com túneis aerodinâmicos de alta velocidade e fantásticas câmaras de vácuo e de temperatura, suficientemente grandes para conter uma espaçonave inteira. Em muitos casos, as companhias têm pouca esperança de que seu trabalho reverta em lucro. Arriscam em que a NASA ou o Departamento de Defesa lhes reconheça a inigualável capacidade em algum setor de produção determinado e lhes dê um contrato para prosseguir. Em qualquer caso, não ousam *não* se dedicar ao espaço. Tôdas as companhias aeroespaciais empregam equipes de especialistas cuja única função é permanecer em Washington, estar a par dos projetos, e servir de cordão umbilical entre a fábrica e o govêrno.

A espionagem industrial, de um gênero ou de outro, floresce, inclusive o roubo ou a compra de segredos técnicos ou a contratação de especialistas de um rival. Nesta época de ignorância e incompetência, as idéias — solicitadas ou não — são os artigos mais vendáveis. Muitas vêzes, quanto mais banais, vagas, ou pontificalmente superficiais sejam elas, tanto mais atentamente são ouvidas. Não obstante, cascadeando pela NASA ou cuidadosamente trancados em arquivos industriais, existem milhares de documentos e propostas espaciais que mostram, mais do que nunca, antes, na história da nação, inventividade obsoleta.

Atualmente, há mais idéias e pesquisa pós-Apolo sendo desenvolvidas nas indústrias recentemente despertadas do que na própria NASA.

Os planejadores da NASA demonstram por vêzes peculiar acanhamento em tornar conhecidos os planos que se seguirão ao Apolo, especialmente quando se trate de algo que tenha sabor de futurismo. Em vez de procurar interessar contribuintes e indústrias em programas espaciais de longo alcance, bem equilibrados e propositados, os funcionários do planejamento avançado da NASA parecem querer continuar no seu costumeiro estado de perpétua emergência, de esforços de última hora para influenciar o Congresso e tôda a sociedade a respeito de algum recente esquema de impacto para competir com os russos no exibicionismo espacial. A explicação é a de que a NASA não quer “confundir” o público ou “excitá-lo”; todavia a política ilegal e néscia da NASA, de classificar como “confidenciais” a maior parte das idéias para o futuro, tem ocasionado mais confusa excitação por parte de contribuintes, jornalistas e técnicos do que qualquer explicação racional da situação do planejamento atual jamais poderia ter ocasionado.

O contraste com os russos é completo: a América do Norte fala efusivamente dos lançamentos que fará logo a seguir e êles nunca falam; êles falam de seus planos futuros e os Estados Unidos raramente o fazem.

Faltas de direção, as companhias aplicam milhões de dólares de seus próprios fundos em pesquisa, tentando acumular experiência e alguma sorte de capacidade demonstrável numa área escolhida, na esperança de obter um contrato de pesquisa ou desenvolvimento no momento em que a NASA passar a cuidar sèriamente dos aspectos subsequentes do vôo espacial.

Propostas solicitadas pela NASA, de métodos de construção de novos componentes, tornaram-se, principalmente, uma espécie de prova de admissão colegial, para mostrar quão bem uma companhia executou a transição da construção de aviões para o trabalho espacial. Por outro lado, propostas não solicitadas dão a uma companhia possibilidade extra de trabalhar em alguma idéia heterogênea, mas possivelmente valiosa, que leve à realização de uma proeza no espaço. Tal jôgo de propostas tornou-se tão vital, no que concerne à sobrevivência, que quase tôda companhia se vê obrigada a empregar seus melhores talentos na preparação de propostas — “brochurismo”, como é denominado — restando pouca gente boa para trabalhar nos contratos já assinados e cancelados.

Para haver-se com o frenético jogo de propostas técnicas para assegurar que componentes perfeitos sejam entregues dentro do prazo, e para introduzir um princípio de responsabilidade econômica, a NASA começou a levar rigorosamente em consideração fatores como administração, experiência, desempenho anterior, e outros trabalhos para o governo em andamento, ao conceder grandes contratos. O contrato espacial padrão é do tipo "custo mais remuneração fixa", no qual os fabricantes são reembolsados da soma que despenderam para se efetuar o trabalho, mais certa quantia estabelecida. Porém, tais procedimentos de contratação, com os incentivos para a economia omitidos, os enormes gastos implicados no trabalho espacial, e o fato de que as companhias têm apenas um cliente — o governo — a quem vender, parecem destinados a ameaçar o sistema de livre empresa tal como o conhecemos. O jogo livre do mercado desapareceu em escala considerável.

Uma curiosa raça de indivíduos parece estar preparando lugar para si nesse transe de emersão do estado pupal para a era espacial. Trata-se do homem que, tecnicamente falando, parece disposto ou capaz de pensar mais de dez anos adiante. Há alguns anos atrás, pessoas desse tipo eram chamadas doidas. A experiência mostrou, contudo, que tais loucos têm, amiúde probabilidade de estar certos. São os "pensadores sensatos", com mais frequência, que bancam os burros ao tentar prever necessidades e estabelecer políticas para o futuro. A maioria das grandes companhias mantém atualmente um ou dois desses oráculos ou "rapazes avançados", conservando-os ao alcance para extrair-lhes idéias dos cérebros e para impressionar. É, por vezes, uma relação desagradável, especialmente quando um deles consegue entrar em contato íntimo com um jornalista. A NASA, intrinsecamente sensível ao ridículo, tem tido mais experiências inconfortáveis com essa gente do que as companhias particulares.

Um quase paradoxo, adotado como evangelho pelos planejadores dos Estados Unidos, é o de que, quanto mais depressa se quer ir num determinado projeto, tanto mais conservador cumprir ser. Se se desejar chegar à Lua antes do fim da década, ter-se-á de fixar desde logo todos os desenhos, usando o atual estado de perícia. Se se decidir executar o trabalho mais elegantemente, utilizando, talvez, propulsão nuclear, ou uma fuselagem de reentrada com superfícies aerodinâmicas de sustentação, a coisa levará mais tempo, acreditam os planejadores. Muitos de seus cérebros mais capazes sentiram-se frustrados pelas dificuldades

de engenharia, e pelo tempo que demora para passar de componentes de má qualidade para de boa. Os problemas são, na maioria, insignificantes dificuldades de fazê-los funcionar direito mercê de ensaios infundáveis e a adaptação exigida pela novel engenharia. Um bom exemplo foi o foguete a hidrogênio do projeto Centauro, atrasado de dois anos, que englobava nova e eficiente tecnologia, mais alguns elegantes conceitos de engenharia concebidos na General Dynamics sob a orientação de Krafft Ehricke. Contrastava com os desenhos relativamente laboriosos da velha equipe alemã de foguetes do Centro Marshall de Vôo Espacial. Em sua maioria, os novos foguetes da equipe alemã são baseados em tecnologias antigas, longa experiência e diligentes técnicas de prova; êles agora obtêm, geralmente, uma série monótona de êxitos, desde o início de um novo programa de foguetes. Na realidade, os novíssimos foguetes Saturno passaram por todos os seus fracassos e explosões, há vinte anos atrás, em Peenemünde, no Mar Báltico, onde foram necessários cerca de 1200 testes de lançamentos para desenvolver o grande foguete V-2.

Infelizmente, a experiência do Centauro terá, provavelmente, um efeito muito pior sobre as ambições espaciais norte-americanas do que os 350 milhões de dólares que foram gastos e dos projetos que foram abandonados ou atrasados por falta de foguetes portadores. A verdadeira tragédia pode ser a de que firme o ponto de vista tecnicamente conservador em oposição ao ponto de vista mais aventureiro. Os planejadores poderão ter medo de estabelecer qualquer oneroso programa espacial de longo alcance que incorpore uma tecnologia não desenvolvida. Se os engenheiros devem pôr pingos em todos os futuros *ii* antes de um programa ser lançado, o desenvolvimento serial que isso acarreta frustrará as possibilidades de a América do Norte permanecer sequer na mesma classe da Rússia. Pois a verdadeira lição aprendida com o Centauro não foi a de que fôsse tecnicamente muito ambicioso, mas a de que com projetos tecnicamente ambiciosos muito maior atenção e mais altas prioridades têm de ser concedidas para que as programações sejam cumpridas. Muitos programas militares foram iniciados e levados a término com bem menos confiança técnica do que a depositada no Centauro. A bomba atômica de 2 bilhões de dólares começou com pouco mais do que uma fórmula, $e=mc^2$, aninhada sob os ralos cabelos de um ex-alemão visionário chamado Einstein; os mísseis Júpiter, Thor, Atlas e Titã estavam em andamento antes que os cientistas soubessem como resolver o problema do aquecimento de reentrada; o programa do submarino Polaris estava

em andamento antes de alguém solucionar a questão de como um foguete poderia ser lançado debaixo d'água para ir descobrir seu alvo. Todos êsses projetos foram notavelmente bem sucedidos porque alguém fez com que o fôssem.

A realização de cada nova façanha de exploração espacial oferece a promessa e o apêlo de diversos novos feitos, ao longo de artérias de exploração em permanente ramificação. Todavia, pela própria natureza das coisas, cada nova aventura tende a ser mais dispendiosa do que a anterior, e essas artérias distendidas poderiam em breve exaurir o fluido vital da mais opulenta nação imaginável. Os planejadores do govêrno — e a nação em geral — defrontam-se pois com escolhas quanto a que rotas explorar. Três missões atraem os planejadores avançados da NASA agora que o Projeto Apolo está em pleno curso, mas os recursos da nação provavelmente não permitirão que mais que uma delas seja tentada de cada vez. Essas missões são: (1) uma estação espacial em órbita terrestre; (2) uma base lunar; e (3) uma expedição tripulada aos planêtas.

A probabilidade é de que a primeira delas tenha prioridade. Pois sem as informações que poderiam ser obtidas colocando-se homens no espaço por um período prolongado — digamos, pelo menos três meses — uma expedição planetária tripulada seria impensável. Uma coisa é expor homens a riscos por cêrca de uma semana, sabendo que se poderá, em caso de emergência, trazê-los de volta com bastante rapidez. Bem outra coisa é mandá-los ao espaço profundo numa expedição de seis ou mais meses, sem capacidade de fazê-los voltar.

A Fôrça Aérea tem o encargo de um Laboratório Tripulado em órbita: um "módulo de missão" de dois tripulantes, de dezenove pés de comprimento, para ser anexado a um veículo de reentrada Gêmini e lançado no tôpo de um propulsor Titã II por volta de 1967. A NASA, contudo, gostaria de investir com uma estação espacial mais esmerada.

A segunda missão, a base lunar, será muito provavelmente adiada por algum tempo, devido aos gastos que envolve. Estudos da NASA indicam que para manter doze homens num pôsto lunar avançado seria mister levar até a Lua e lá alunissar cêrca de 100 toneladas de equipamentos, mais 3½ toneladas suplementares por mês.

Mais tarde, os veículos Apolo e Gêmini parece que serão possíveis candidatos à função de *ferries* espaciais, para conduzir homens e materiais a estações espaciais orbitais ainda maiores, aparelhadas para permanecer no espaço quase que indefinida-

mente. Tais estações terão muitos usos científicos — na Astronomia, na pesquisa dos efeitos do ambiente espacial sobre os sistemas biológicos, bem como para ajudar a desenvolver materiais e instrumentos para uso espacial. Elas subsistirão sob três condições especiais, desconhecidas na Terra: vácuo rigoroso, imponderabilidade prolongada e radiação solar não-filtrada. Muito curiosamente, um dos primeiros recursos naturais utilizáveis a ser explorado no programa espacial será provavelmente o nada: o vácuo do espaço é muito melhor do que qualquer que se possa obter em laboratórios terrestres — e existe em tal quantidade... Vácuos assim — sem nada que contamine materiais ou oxide metais altamente reativos ou impeça o fluxo de cargas e de íons elétricos — possibilitam muitos processos praticamente impossíveis na Terra. Pode-se fazer, por exemplo, com que os metais se soldem espontaneamente, visto não existirem moléculas de gás a separar as moléculas do metal e a impedi-las de se engatarem. Por outro lado, quase tôdas as substâncias, mesmo os metais, se evaporam lentamente em tal vácuo. Os planejadores da NASA prevêem que as condições especiais no espaço podem tornar possíveis técnicas incomuns de processamento e que muito possivelmente possamos, dentro de pouco tempo, levar lá para cima matérias-primas, convertê-las em órbita, em novos artigos ainda inimaginados, e mandá-los de volta para uso em terra. Diversos esquemas de estações espaciais estão sendo investigados pelos Laboratórios de Langley da NASA, pelo Centro de Espaçonaves Tripuladas de Houston, e pelo Centro Lewis de Pesquisa, em Cleveland.

Os planos da NASA para estadas lunares prolongadas incluem o Sistema Apolo de Manutenção e Intendência (ALSS), empregando um truque do módulo de excursão lunar, com equipamento e suprimentos para permitir que dois homens permaneçam lá 14 dias. O Sistema de Exploração Lunar para o Apolo (LESA) viria posteriormente, um truque maior, para manter 18 homens até dois anos.

Com uma base, a América do Norte poderá se ressarcir de seus gastos em combustíveis para foguete. Nossa gravidade terrestre é uma barreira onerosa, e a missilística que deve ser desenvolvida para transpô-la será, de muito, a parte mais dispendiosa dos futuros programas espaciais. Mas a gravidade da Lua é de apenas um sexto a da Terra. Enquanto que, para escapar da Terra, cada libra deve ser acelerada à velocidade quase inconcebível de 25 000 milhas por hora, para escapar da Lua a mesma libra necessita de ser acelerada a apenas cerca de 5 000 milhas

por hora. O que significa isso? Significa que cada libra de combustível de foguete elevada da Terra até a órbita, para uso no espaço exterior, custa talvez várias centenas de libras de combustível consumido. E se pudéssemos apanhar o combustível no espaço, depois de colocar nossos tanques de foguete vazios em órbita? Um foguete vazio pesa menos que a décima parte de um abastecido.

O combustível preferido por um longo tempo ainda será hidrogênio, para os foguetes nucleares, e hidrogênio e oxigênio, para os foguetes químicos. Tanto o hidrogênio como o oxigênio existem certamente na Lua, quer combinados em água, que a maior parte dos especialistas ora concordam possivelmente lá exista sob a forma de gelo na subsuperfície, quer combinados nas rochas. Tudo de quanto se necessita para extraí-los é energia, e a energia é abundante, sob forma de luz solar. Depois de se ter extraído os combustíveis, eles serão liquêfeitos e então, ou elevados a órbita lunar, ou propelidos de volta, até entrar em órbita ao redor da Terra, onde podem ser apanhados por foguetes que cheguem à mesma órbita exauridos após sua dura fuga à gravidade terrestre. Então, com água, combustível e tanques atmosféricos cheios, os grandes navios poderão prosseguir rumo aos planetas. Com tal reabastecimento na Lua, o tempo do percurso até Marte poderia ser reduzido de seis para dois meses, ou, então, cargas úteis muito maiores poderiam ser transportadas.

Além de hidrogênio e oxigênio, muitos outros combustíveis de foguete, potencialmente bons, estão combinados nas rochas da Lua — sódio metálico, por exemplo — que é tão reativo que nem sequer pode existir na atmosfera terrestre sem queimar-se. Diversos elementos podem ser encontrados para abastecer os motores a arco exótico, a íon, e a plasma elétrico.

A Lua poderá também servir como bom centro de comunicações com o espaço profundo. Quando chegar às explorações planetárias, o Homem necessitará de bons canais de comunicações de alto volume, que cubram vastas distâncias até a Terra. Atualmente, as ondas de rádio nos permitem receber apenas sinais elementares de tais distâncias. Muita pesquisa está sendo agora feita com feixes de luz, gerados por certos cristais ou mistura de gases denominados *lasers*, para comunicações com o espaço profundo, porque feixes de luz laser podem conduzir milhões de vezes mais volume de informações que as ondas de rádio. Como podem ser compactamente focados, os feixes laser podem levar mensagens a distâncias muito maiores do que as que jamais poderíamos atingir com ondas de rádio. Apesar de seu poder

de penetrar milhões de milhas de espaço profundo, entretanto, um feixe laser não é muito bom para penetrar a atmosfera terrestre, e nada vale se a atmosfera estiver nublada. Porém, a Lua desprovida de atmosfera tornar-se-ia uma excelente estação de laser — um pôsto de relé para as mensagens da Terra — e tal será, sem dúvida, um dos primeiros usos práticos a que a estação lunar se destina.

No que respeita aos cientistas, uma das perspectivas das operações lunares mais ansiosamente aguardadas são as observações astronômicas, perturbadas há séculos pelas camadas ondeantes da atmosfera terrestre. No vácuo rigoroso do espaço, seria possível usar até mesmo um telescópio pequeno, para obter uma imagem muito mais clara dos corpos celestes do que jamais foi possível obter, mesmo nas noites mais claras, com os observatórios terrestres. A Lua seria muito mais estável do que uma estação espacial em órbita, a qual teria numerosos movimentos, devido à sua rotação, e sacudidelas, em consequência do vaivém de seus ocupantes, tornando difícil usar telescópio de alta ampliação. A Lua seria até mesmo mais quieta do que a Terra, porque gira muito mais lentamente. Sua gravidade mais baixa permitiria a construção de telescópios mais leves do que a pesada maquinaria necessária em Terra, tornando a instalação de um observatório eficiente na Lua tarefa menos formidável do que se poderia imaginar à primeira vista.

Além da astronomia óptica, a Radioastronomia prosperaria na Lua, quer pela ausência de atmosfera, ionosfera e campos magnéticos, que, na Terra, filtram a maior parte do espectro da rádiofreqüência, quer pela ausência de ruídos de interferência na recepção, gerados por linhas de fôrça, veículos a motor, bombas nucleares, estações de TV, aparelhos elétricos etc., que, atualmente fazem da Radioastronomia uma ocupação decepcionante. O lado distante da Lua, em especial, seria uma das melhores locações para Radioastronomia, em todo o universo, protegido como está das interferências hertzianas da Terra por vários milhares de milhas de rocha maciça.

Todavia, a mera existência será o problema dominante no tocante a estadas prolongadas em qualquer “Pequena América” (ou “Pequena Rússia”) lunar; o problema de aferrar-se a uma superfície hostil, enigmática e irradiada, com dias e noites que duram vinte e oito vêzes os terrestres, e com temperaturas que alcançam amplitude de aproximadamente quinhentos graus.

De acôrdo com um planejamento experimental, a primeira estação científica lunar seria suprida por foguetes, que usariam

robôs automáticos para alunissar suavemente cargas na proximidade da estação. Esses robôs automáticos LESA — conduzidos por foguetes Saturno V — serão capazes de transportar dez toneladas. Contudo, trata-se de um processo extremamente dispendioso. Não somente serão necessários cerca de trezentas libras de combustível para alunissar cada libra de carga útil, como também se terá de lutar com uma alta percentagem de malogros que tal instrumentação automatizada pode sofrer, e, dessarte, com o fato de cargas transportadas nunca chegarem a seu destino.

Para visitas à Lua que durem mais de uma semana, os rigores do meio ambiente farão com que os homens tenham de procurar bons abrigos. O pensamento atual é o de que se os homens — à moda dos primitivos habitantes de um planêta estranho — pudessem tão-somente encontrar para si uma caverna, alhures, a maior parte de seus problemas estaria resolvida.

A caverna poderia ser hermêticamente fechada e enchida de ar, provavelmente por meio de algum tipo de bexiga inflável, e forneceria proteção contra a radiação e os meteoritos. Por força de suas propriedades isolantes, a caverna propiciaria lenitivo para os extremos devastadores de temperatura que assolam a superfície lunar. Acredita-se que somente três jardas de crosta são suficientes para deter as oscilações violentas de temperatura entre o dia e a noite lunares e para manter as leituras a 10 graus constantes. Ademais, poderia ser possível controlar a temperatura no interior da caverna usando varões de metal, que ascenderiam até a superfície ou afundariam no solo lunar. Esses condutores de calor poderiam ser empurrados para dentro ou puxados para fora, a fim de regular a temperatura no interior da caverna.

Se não se puder encontrar uma caverna, a melhor coisa seria encontrar uma fenda que pudesse ser telhada com poeira e cascalho. Caso falte aos exploradores lunares tanto cavernas como fendas, os experimentadores da General Electric estão investigando a possibilidade de cavar compartimentos subterrâneos por meio de explosões, terra e rocha adentro, usando cargas explosivas baixadas por buracos feitos a broca. Tais cavidades experimentais são, em seguida, guarnecidas de bexigas infláveis, e parecem satisfazer muito bem aos seus propósitos. Enquanto isso, o Dr. Jack Green, da North American Aviation, e outros investigadores, têm excursionado pelo mundo examinando vulcões, em preparativo para a base lunar. Áreas vulcânicas, concorda-se geralmente, existem pelo menos em certa quantidade na Lua. Green acredita

que provavelmente venham a ser não apenas fontes de calor espontâneo, mas que também deverão ter cavernas ou tubos de lava para abrigo, bem como minérios valiosos e até mesmo água. Um mineral vulcânico que parece ser particularmente promissor, afirma o Dr. Green, é o enxôfre comum, que pode ser usado não só como vedador de cavernas, como também, quando misturado com cinza vulcânica, transformado em materiais estruturais e inclusive em encanamentos. Outra alternativa para o problema de alojamento lunar é usar uma estrutura simples, inflável e abobadada, sobre a qual detritos lunares poderiam ser amontoados para propiciar proteção suficiente contra radiação e meteoritos. Na Divisão de Sistemas Aeronáuticos da Força Aérea, na Base de Wright Patterson da Força Aérea, está sendo feito um trabalho conjunto com a Hughes Aircraft Company para desenvolver um material friável e leve que, exposto ao calor solar direto, transforma-se espontaneamente em espuma e a seguir se solidifica numa massa rígida. Materiais que tais podem ser aplicados como cobertura a uma cabana inflável e a seguir transformados em espuma, de modo que a abóbada inteira se torne rígida, sem necessidade de pressão de ar para mantê-la em pé. Dois homens poderiam amontoar detritos no teto da cabana para proteção e isolação suplementares.

A despeito da hostilidade estéril e opressiva do meio lunar, uma esperança eventual é a de formar uma base lunar praticamente auto-suficiente. Todavia, para se viver dos recursos de uma terra assim inóspita — produzir o próprio alimento, extrair a própria água, refrescar o próprio ar, eliminar os próprios resíduos — seria necessária uma desconcertante carga de acessórios, uma formidável soma de energia e uma incansável engenhosidade. Quase todas as companhias aeroespaciais têm estado às voltas com os problemas, e conquanto algumas soluções sejam óbvias, sua execução está muito remota. O mais longo projeto em curso na indústria e no governo tem sido uma tentativa de criar interdependência microcósmica de ciclo fechado entre o Homem e a vida vegetal similar à existente na Terra. O melhor candidato, no lado vegetal da parceria, tem sido uma alga ou escuma unicelular lacustre denominada *Chlorella*, a qual consome vorazmente bióxido de carbono e resíduos humanos e produz oxigênio. A *Chlorella* se desenvolve em ritmo acelerado e é comestível, contendo proteínas, gorduras, carboidratos e vitaminas. Mas os canteiros aquáticos de algas são cheios de água, exigem abundância de luz solar durante o dia lunar, e o equivalente a 1 400 watts de iluminação elétrica por homem durante o longo período noturno lunar. Elas podem ser sensíveis a ra-

diações e variações em seus nutrientes, e, além disso, algumas vezes tendem a dar ao espaçonauta que as come curioso matiz amarelo. Para uma eventual colônia de uma centena de homens mais ou menos, cabritos e carneiros poderiam ser convocados para atuar como intermediários entre algas e homens.

A maioria dos investigadores tem pouca dúvida de que a rocha lunar possa ser usada para extração de boa quantidade de oxigênio, água, e bióxido de carbono suplementares para alimentar as plantas, mas isso tudo exigirá considerável energia, sob a forma de calor, para fundir as rochas. A energia mais simples e mais prontamente disponível é a radiação solar concentrada por espelhos parabólicos. Mesmo um espelho relativamente pequeno pode gerar temperaturas de muitos milhares de graus, suficientes para fundir qualquer coisa que exista e fracionar-lhes os componentes. Seja o que fôr a rocha lunar — basáltica ou silicosa — ela contém, provavelmente, de 1 a 10 por cento de água de cristalização, que pode ser retirada por aquecimento à volta de 5 400 graus F. Primeiramente, tal água emergiria, decerto, como vapor, que poderia ser talvez usado para acionar uma turbina de energia elétrica, antes de ser condensado para beber ou servir a fins agrícolas. Um refletor solar de uma jarda quadrada de área pode produzir aproximadamente 70 galões de água por hora, o suficiente para sustentar cerca de quinze pessoas. Naturalmente, essas fornalhas solares funcionam somente durante o “dia”, de modo que teriam de produzir também bastante reserva de oxigênio e água para a “noite”. Além de artigos de consumo e combustíveis para foguetes a hidrogênio e oxigênio, tais fornalhas solares poderiam funcionar a temperatura bastante elevada para produzir uma porção de subprodutos das rochas que fundem — silício, alumínio, e ferro, que podem, por exemplo, ser usados como materiais de construção, bem como combustíveis de foguetes. O basalto derretido pode ser moldado, com êxito, em tijolos vitrificados e outros artigos.

O Dr. Fritz Zwicky, do Instituto de Tecnologia da Califórnia, calcula que uma fornalha solar suficiente para atender às necessidades de uma pequena colônia dessas pesaria algumas centenas de libras. Diversas companhias, entre elas a General Electric, a Electro-Optical Systems, e a Bendix, têm trabalhado em novos conceitos de espelhos parabólicos, de pouco peso, dobráveis, que possam ser transportados a bordo de espaçonaves.

Se a fusão nuclear — a reação controlada da bomba de hidrogênio — algum dia se provar factível, poderia tornar-se um mé-

todo ainda mais eficiente de fornecer as grandes quantidades de energia necessárias para processar rocha lunar.

As condições peculiares da Lua tornam o planejamento para a sobrevivência ali um verdadeiro exercício de engenhosidade para tentar sobrepujar as leis da Natureza, que atuam sob condições bem diferentes das da Terra. Por exemplo, qualquer tipo de veículo de rodas ou esteira terá de ter uma base de rolagem consideravelmente mais larga do que a normal em terra porque, embora o peso do veículo seja lá menor do que aqui, sua massa, ou inércia, continuará a mesma. Assim, uma virada ou parada repentinas torná-lo-iam mais sujeito a capotar. Os tratores ou bulldozers teriam de ser lastreados com uma carga de detritos lunares antes que pudessem obter tração suficiente para fazer até mesmo trabalho leve de reboque ou remoção de terra. Por outro lado, quaisquer tôrres, lanças ou outras estruturas poderiam ser construídas bem maiores e mais frágeis que na Terra. Como a Lua tem horizonte mais próximo que o terrestre e não possui camadas atmosféricas para refletir as ondas de rádio, até mesmo as comunicações a curta distância serão difíceis, exigindo tôrres de relé com pequeno espaçamento ou então linhas telefônicas.

Com a antevisão de uma Lua conquistada, os cientistas já começaram a volver o olhar insatisfeito para os planêtas. Uma excursão à Lua é excelente como primeiro passo incerto, mas muito mais se encontrará indo a um planêta como Marte ou Vênus. Em primeiro lugar, um planêta decente tem gravidade bastante forte para reter uma atmosfera, e isso significa vento e condições atmosféricas e, portanto, mudança de alguma espécie. E onde há mudança, há possibilidade de encontrar algum tipo de vida — ou a possibilidade de ajustar as coisas de modo que a vida possa lá estabelecer-se e florescer. A fraca gravidade da Lua não poderia nunca reter uma atmosfera de oxigênio, mas os planêtas, especialmente o planêta Vênus, quase do tamanho da Terra, poderiam.

“Adaptação terrestre” de planêtas é, hoje em dia, tópico de debate entre os políticos espaciais menos inibidos de Washington. A grosso modo, isso significa modificar o meio ambiente do planêta o bastante para permitir a homens lá viverem com relativo conforto. Ninguém conhece ainda o bastante sobre qualquer planêta para dizer como isso poderia ser feito, mas as idéias são exuberantes, e uma porção de sondas interplanetárias com instrumentos, destinadas a colher mais informações, estão sendo aprimoradas através de lenta pesquisa e desenvolvimento. Como

exemplo do gênero de atividade de que falam os “adaptacionistas”, êles apontam o planêta Vênus, cujas camadas de nuvens indevassadas se acredita sejam bióxido de carbono e hidrocarbonetos. Elas formam uma espécie de manto de estufa por sôbre o planêta, mantendo a temperatura da superfície de Vênus ao redor de 600 a 800 graus F. — provavelmente quente demais para qualquer espécie de vida, visto que a maior parte dos materiais orgânicos queimaria em tão elevada temperatura e tôda água evaporaria. Para Vênus se tornar habitável, seria necessário reduzir-lhe a temperatura e dar-lhe à atmosfera certa quantidade de oxigênio. Sem se perturbar com a enormidade de semelhante tarefa de alteração de um mundo, o Dr. Carl Sagan, na Universidade da Califórnia, propôs o seguinte:

Certas variedades de microrganismos, semelhantes a algas, poderiam ser semeadas no alto da pesada atmosfera de Vênus, onde se espalhariam, flutuantes, e começariam a transformar em oxigênio o bióxido de carbono ambiente. Tais microrganismos se reproduziriam rapidamente, e, à medida que fôssem levados para baixo, para as camadas inferiores da atmosfera de Vênus, seriam queimados pela temperatura elevada, transformando-se em carbono e vapor d’água. Como na atmosfera venusina o bióxido de carbono é consumido em ritmo sempre crescente, a temperatura da superfície começaria a baixar, e o vapor d’água se condensaria finalmente em chuva. Vênus poderia obter uma atmosfera semelhante à da Terra, e também oceanos. Os pesquisadores chegaram inclusive ao ponto de identificar o microrganismo que poderia fazer possivelmente o trabalho — umas algas verde-azuladas, aéreas, fotossintéticas, produtoras de oxigênio, fixadoras de nitrogênio, resistentes a temperaturas, chamadas *Nostoc*. Se não a própria *Nostoc*, então uma variedade modificada, que poderia ser desenvolvida.

Um projeto que tal, se pudesse dar certo, exigiria muito provavelmente sorte e um mundo de tempo para ser aperfeiçoado e custaria um mundo de dinheiro — mas nos daria um mundo em troca. Para o bem ou para o mal, o conhecimento técnico e os mananciais de energia do Homem parecem estar-se expandindo em passo tão rápido que idéias como estas só podem ser rotuladas de arrojadas, não de exóticas.

O Apolo, ou algum vôo lunar russo, fará a Humanidade avançar muito no rumo dos planêtas; contudo, os vôos planetários tripulados constituem uma ordem consideravelmente superior de dificuldade em relação ao vôo lunar. Os problemas biológicos e de engenharia parecem ser difíceis de sobrepujar com a mera

fôrça bruta e os métodos de risco com que muitos problemas do Apolo estão sendo resolvidos. Tais viagens exigirão espaçonaves grandes e pesadas, para blindagem contra radiação e meteoritos, e aprovisionamento adequado para longos períodos. Conquanto as exigências de empuxo inicial por libra não sejam muito maiores do que as necessárias para ir à Lua, o peso da espaçonave, a correção de meio curso e o combustível para freagem exigem que se empreguem foguetes maiores. O desenho do novo foguete Nova será provavelmente aumentado a fim de transportar uma fase nuclear superior suficientemente grande para uma missão tripulada a Marte.

Um plano do Centro de Espaçonaves Tripuladas da NASA, concebe uma missão a Marte de 400 dias de duração. A espaçonave de três módulos, pesando cêrca de 1,5 milhões de libras e transportando seis passageiros, seria montada em órbita terrestre e lançada numa trajetória de 120 dias a Marte. Ao chegar às vizinhanças do planêta, a nave frearia até uma velocidade orbital por meio de uma manobra de raspão na atmosfera. Solitaria um pequeno "Módulo de Excursão a Marte" provido de asas, cuja tripulação passaria um total de 40 dias na superfície marciana, enquanto Marte e a Terra se alinhavam para uma trajetória de retôrno favorável. A seguir, o MEM se elevaria para encontro com a nave principal, da mesma maneira que no vôo lunar, e esta regressaria. Já de volta, em órbita terrestre, depois de um vôo de 200 dias, a nave principal desprenderia ainda outra cápsula, uma cápsula de reentrada de proa rombuda, que faria reentrada semelhante à do Apolo.

Para outra abordagem, a Comissão de Energia Atômica vem levando avante a idéia de um foguete nuclear de 222 pés, pesando um milhão de libras e usando hidrogênio por combustível. Com um feixe de tanques de hidrogênio cingindo-lhe a parte média, o foguete seria montado em órbita terrestre e então partiria numa trajetória para Marte, desfazendo-se de seus tanques de hidrogênio vazios à medida que avançava.

Tais viagens de um ano de duração são "rotas de energia mínima", exigindo o mínimo gasto possível de combustível de foguete para completar-se. Contudo, a maioria dos pajés espaciais concordam em que uma missão tão longa apresenta problemas sérios demais para os organismos humanos arrostarem. Parece duvidoso, atualmente, que homens possam suportar período tão longo de imponderabilidade — ou de quase imponderabilidade, caso se dotassem as naves de um pouco de gravidade artificial. A degenerescência da estrutura óssea e muscular pa-

receria proibitiva. Juntamente com a imponderabilidade, as autoridades médicas temem que os problemas psicológicos vinculados ao confinamento de vários homens num espaço reduzido, por tão longo tempo, impediriam o êxito da missão. Outro problema é a bem conhecida radiação e a prova dos meteoritos, aumentado por tempos de vôo demasiadamente longos e associado ao problema de blindagem contra radiação do próprio reator nuclear da nave. Alguma pesquisa está sendo feita acerca da possibilidade de usar os magnetos supercondutores recentemente desenvolvidos, os quais geram campos magnéticos enormes quando esfriados à temperatura do hélio líquido, e que poderiam talvez simular a blindagem magnética da Terra contra partículas de radiação. O mesmo dispositivo magnético poderia também ser usado para prover ascensão, controle e efeitos de freagem quando a espaçonave entrasse numa atmosfera planetária. Nesse caso, os campos magnéticos reagiriam à capa eletricamente ativa de gases quentes ionizados que envolve a nave.

Ninguém pôde ainda descobrir se seria ou não possível armazenar hidrogênio líquido à sua temperatura necessária de 423 graus negativos, por tão longo tempo. Nenhum componente ou motor eletrônico completo, desenvolvido até o presente, demonstrou ainda segurança suficiente para um período de tempo que se aproxime de um ano.

Em qualquer caso, parece provável que a missão à Marte terá de ser feita ao longo de alguma outra rota que não a de mínima energia. Os engenheiros acreditam agora que, com foguetes nucleares, uma excursão a Marte poderia ser realizada em pouco mais de dois meses, mas com gastos de combustível grandemente superiores ao mínimo.

Marte se apresenta como o mais interessante dos planetas, não só por ter condições mais aproximadas das da Terra do que qualquer outro corpo celeste conhecido, como também por causa da forte evidência de que alguma forma de vida nêle existe. Criaturas sociais que somos, nós, terrestres, estamos mais fascinados pela esperança de encontrar alguma espécie de vida em outro mundo — mesmo que fôsse algum organismo unicelular — do que em qualquer outra descoberta científica. Mas Marte tem manchas escuras que se alteram com as estações, sugerindo que poderia haver alguma forma de vegetação. Além do mais, exames espectroscópicos da luz infravermelha refletida pelas manchas, mostram linhas de carbono-nitrogênio muito semelhantes às refletidas pela matéria vegetal da Terra. Finalmente, embora vastas tempestades de pó possam ser vistas rai-

vando pela superfície de Marte, tais manchas escuras não parecem ficar permanentemente cobertas, o que indica que devem erguer-se a bastante altura e serem capazes de soltar o pó ou crescer acima da camada pulvurulenta. Pôsto que, aparentemente, não exista muito oxigênio na atmosfera marciana, o planeta tem calotas polares de gelo que se derretem durante o verão. Isso indica a presença de certa quantidade d'água ou de vapor d'água, e, portanto, do precioso hidrogênio para combustível e oxigênio para respiração. Devido à tênue mas substancial consistência das camadas da atmosfera de Marte, uma espaçonave teria mais facilidade para efetuar uma reentrada nela do que na Lua ou na Terra, embora possa não haver atmosfera suficiente para uso de pára-quedas. Os cientistas de Huntsville calculam que uma excursão a Marte possa finalmente custar apenas metade do que custaria uma excursão à Lua. Por exemplo, sugere-se que, por volta de 1980, o envio de uma libra de carga à Lua custará cem dólares e a Marte cinquenta, usando-se foguetes nucleares.

Já membros da Comissão de Energia Atômica prevêem o estabelecimento de uma colônia permanente, de mil homens, em Marte, utilizando naturalmente, como propulsores, foguetes nucleares desenvolvidos pela referida Comissão. Quando se levantam objeções de que a falta de oxigênio e a superabundância de desconfortos provavelmente farão de uma estada temporária em Marte uma provação para o colono, os membros da Comissão têm uma resposta pronta. Argumentam que não seriam piores as condições que aquelas que os colonos da Baía de Massachusetts, em aproximadamente igual número, encontraram ao desembarcar na América do Norte. Como uma exceção: aquêles colonos não dispunham de nossa avançada tecnologia — dos enormes suprimentos de energia, máquinas e técnicas de que o Homem pode agora lançar mão para acomodar-se.

As idéias atuais sôbre vôo planetário tripulado para além de Marte logo se dissipam em meio a imponderáveis e desencorajadores problemas suscitados por tempos de vôo que durem vários anos. Muito além do horizonte, contudo, estão as atormentadoras promessas de conceitos avançados, como a do foguete nuclear de centro gasoso, ou até mesmo do foguete de fusão nuclear de algum tipo — dispositivos cujos podêres ainda pouco conhecidos poderiam fazer a espaçonave alcançar apreciáveis frações da conclusivamente limitadora velocidade da luz. Tal energia poderia não só reduzir o sistema solar a proporções tão manejáveis quanto aquelas que a Terra apresentava aos antigos nave-

gantes dos barcos a vela como também tornar pelo menos concebíveis viagens a estrêlas a vários anos-luz de distância. Algumas das viagens de exploração do Homem já levaram mais de quinze anos, fato êsse que temos a tendência de esquecer.

Há, entre os políticos da Capital, conversas sôbre colônias planetárias que preparariam um viveiro de vida humana, no caso de o Homem decidir devastar a Terra com bombas atômicas. Além disso, prosseguem tais vozes, a exploração planetária proporcionaria vazão às energias mais irrequietas do Homem, de maneira que talvez não se sentisse êle tão tentado a devastar atômicamente a Terra. Tal conversa é coisa rara em nossos círculos governamentais, onde as preocupações têm sido, tradicionalmente, com coisas como segurança nacional e nacionalismo, orçamentos e balanços de pagamentos. Isso parece indicar que a vastidão do espaço deve, necessariamente, ampliar as mentes dos homens, e que, mesmo nesta etapa primária, o está fazendo.

Estas coisas parecem estar demasiadamente remotas, não valendo a pena afligir-se muito por causa delas; todavia, percebe-se aqui um vislumbre de lições expressivas nesse processo de adentrar a nova natureza da exploração perpétua — uma natureza de longas e solitárias travessias, de vácuos negros, de escassos pontos luminosos, de invisíveis campos de atração, de corpos frios e quentes, de velocidades inconcebíveis. É uma empresa da mais genuína qualidade humana — diminutos grãos de poeira ao sabor de fôrças ponderosas, atos do mais puro cálculo seguidos de ousadias as mais extremas. Isso poderá exigir um nôvo acesso, uma nova geração de Homens Orbitais — gente pacientemente harmonizada com o curvo universo convoluto, que não teme o isolamento prolongado, que é capaz de sacrificar sua vida num difícil problema de Matemática que não parece ter solução elegante. Numa empresa em que a exatidão seria apaixonadamente de desejar, o êrro é uma questão de vida. E o êrro se acumularia sempre, até que, de tempo a tempo nesse intercurso, seria muito tarde para se fazer qualquer coisa senão perecer — despedaçar-se a uma velocidade astronômica, incinerar-se numa sedosa atmosfera azul ou num feixe protônico, ou ser arrebatado e arremessado numa bela, suave curva, a um canto obscuro da galáxia.

Tudo isto pode gerar novas maneiras de encarar o mundo — um ponto de vista ampliado, em que a inevitabilidade é evadida por pequeninas rajadas de correção. E isto só talvez seja razão suficiente para o primeiro passo incerto do Projeto Apolo.

ÍNDICE ANALÍTICO

- Abôrtos, manobras de, 109-12, 131-2
- Academia Nacional de Ciências, Junta de Ciência Espacial, 206
- A.C. Sparkplug, 45
- Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço, V. NASA
- Advent, satélite de comunicações, 50
- Aerojet, 45, 96
- Aerojet-General Corp., 86
- Agena, fases de foguetes, 96, 122, 190
- Agência de Projetos de Pesquisas Avançadas, 83-4
- Algas, 225-6; 227-8
- ALSS (Sistema Apolo de Manutenção e Intendência), 221
- American Telephone & Telegraph Co., 23
- Apolo, aerodinâmica, 43; alunisagens, 144-5; blindagem térmica, 43, 45, 56; casco, 56, 183; células de combustível, 58; comparado com o Vostok, 201; compartilhamento para astronautas, 53; computador, 182-3; conclusão, 162; Congresso, debates, 35-6, 195-6; controles de reação, 45; custos, 13-14, 18-19, 21, 30, 35-6, 39, 44, 73, 82, 207, 215, 219, 231; descrição, 34, 53-8; direção, 182-3; efeito no futuro, 228-9; energia elétrica, 58; equipamento, 55-6; equipamento de comunicações, 45; espaçonave, *ilustr.*, 51; esquema do "bloco de construção", 40-1; foguete de escape, 45; formação política, 11-19; manobra de abôrtos, 183, 211; manobras, 48; maquinaria do módulo de comando, 54; mochila, 125-6; módulo de comando, *ilustr.*, 52, 55-6, 57, 162, 205; módulo de propulsão, 58; motor, 45, 57; pára-quedas, 56, 57; perigos, 54; peso, 74; pressão interna, 74; programa, 11; progresso, 39-40, 220; reentrada, 132, 180-1, *ilustr.*, 187-8, 182-4; separação do módulo de propulsão, 183; simuladores, 120-1; sistema de controle do ambiente, 44; sistema de controle de vôo, 44-5; sistema de recuperação, 44; traje espacial, 123-5; trajetória lunar, 143; velocidade, 143-4; vôos, 132-3
- Área de aterrissagem, 144, 182
- Astronautas, 111-26; Mercury, 119; qualidades, 117; russos, 118; treinamento, 117-8
- Astronomia óptica, 223; instrumentos, 108
- Atlas (foguete), 95-6, 190
- Atlas-Agena (foguete), 96
- Avco Corp., 44-5, 195
- Base de Wright-Patterson da Força Aérea, 138

- Baun, Wernher von, 61, 69, 72, 84, 87
 Bell Aerosystems Co., 23, 77, 115
 Bendix Aviation Corp., 226
 Besouro, v. MEL
 "Biossensores", 125
 Boeing Co., 90, 162
- Cabo Kennedy, área de lançamento, 24, 89
 Canais de transporte, 30
 Cápsula tripulada leve, 115
 Carpenter, Lt.-Comdr. M. Scott, 113, 200
 Centauro, custos, 94; foguetes, 94, 95-7, 162, 204, 219
 Centro de contrôle de vôo Houston, 109
 Centro de Espaçonaves Tripuladas, 70, 123, 205-7, 229; pessoal, 31
 Centro de Pesquisa Langley, 15, 21, 59-61, 192
 Centro de Pesquisa Lewis, 97
 Centro de Vôo Espacial Goddard, 134
 Centro de Vôo Espacial Marshall, 97, 104, 207, 219; pessoal, 29
 Chamberlain, James, 37
 Chance-Vought Corp., 136
Chlorella, 225-6
 Collins Radio, 45
 Combustíveis, 58, 71, 77-8, 85, 86-9, 93-7, 189, 222, 229
 Combustível sólido, controvérsia, 86-8; foguetes a, 86-7
 Comissão de Ciência e Astronáutica da Câmara, 96
 Comissão de Energia Atômica, 15, 98, 229, 231
 Comissão Consultiva de Ciências do Presidente, 71, 206
 Comissão Golovin-Kavanau, 88
 Comissão Nacional Consultiva para a Aeronáutica (NACA), 59
 Companhia Marion de Pás Mecânicas, 25
 Complexo de Lançamento da Ilha Merritt, 26
- Congresso, debates, 35-6, 195-6
 Conselho Nacional da Aeronáutica e do Espaço, 206-7
 Conselho de Vôo Espacial Tripulado, 72, 205
 Construção do "amortecedor de meteoritos", 136
 Convair Dept., 41
 Cooper, Major L. Gordon, 113, 114-5, 138
 Cord, John M., 115
 "Corrida com a Rússia", controvérsia, 36-8
 Cowles, Gadner, 195
 Criticismo britânico, 18
 Custos de instalação de lançamento e prova geral, 24; custos de veículos, 82; plataforma, 25; veículos, v. Saturno
- Departamento de Defesa dos Estados Unidos, 16, 94
 Desvantagens dos Estados Unidos, 205
 Divisão de Sistemas Aeronáuticos da Fôrça Aérea, 225
 Dobrynin Anatoly F., 195
 Dosímetro, 125
 Douglas Aircraft Co., 89
 Douglas, Grumman, Inc., 44
- Edificação para Montagem Vertical do Cabo Kennedy, ou VAB (Vertical Assembly Building), 25, *ilustr.* 27
 Edwards Air Force Base, 140
 Ehricke, Krafft, 61, 204, 219
 Eisenhower, Presidente Dwight D., 13
 Electro-Optical Systems, 226
 Eletrônicos derivados, produtos, 17
 Empuxo, formas de, 77-8
 Encontro em órbita, 173; processo 174; teorias, 61-4, 66
 Encontro em órbita terrestre, V. EOT
 Engenheiros, 32-52

- EOL (Encontro em órbita lunar), 64, 66-73
 EOT, 63-4, 67, 71, 88, 198
 Equipamento automático de prova geral, custos, 24
 Escola de Medicina Aeroespacial da Fôrça Aérea, 115
 Escola de Pilotos para Pesquisas Aeroespaciais da Fôrça Aérea, 140
 Espacial, custos de veículo, 82; Grupo-Tarefa, 20-1, 30-1, 40-1, 42, 60, 68-9, 206, v. também Centro de Espaçonaves Tripuladas; "instalações para pesquisa", 216; Junta de Ciências, 15; laboratórios de Tecnologia, 37-8, 43-4, 77, 104; medicina, 229; navegação, 101-4, *ilust* 105-6, 104-10; orçamento, 215; reabastecimento, 67; trajes, 122-5; traje de exploração, 191; veículos, v. Advent, Apollo, Centauro, Gêmini, Mariner, Mercúrio, Polyt, Ranger, Rover, Sputniks, Surveyor, Vostok
 Espectrometro, 125
 Estação espacial em órbita terrestre, 220
 Estações de rastreamento da Terra, 182-3
 Estações espaciais orbitais, 220
 Estados Unidos, 18-9
 Estados Unidos-Rússia, cooperação, 212-3
 Expedição planetária, 220; exploração, 232; vôo, 227-9
 Experiências de imersão na água, 139-40
- F-1, motor, 85-6, 92
 F-104, espaçonave, 122
 F-105, espaçonave, 73
 Faget, Maxime, 40
 Falha no sistema elétrico, 130
 Federação Internacional de Aeronáutica, 198
 Feltz, Charles, 47
 Flúor, combustível, 94
- Foguete nuclear, programa, 98-9
 Foguetes, 80-102; v. também Agena, Atlas, Atlas-Agena, ICBM, Nova, Thor, Titã II, Titã III
 Foguetes a combustível líquido, 87
 Foguetes, custos, 92; fabricantes, 87; falha, 48-9; falhas da sonda, 34-5; propulsores de, 21
 Foguetes nucleares, 98-9, 230
 Foguetes propulsores, 29, 81-100, 189-90, 198-9, 220
 Frick, Charles, 37
- Gagarin, Cel. Yuri F., 14, 195, 196, 202
 Gallup, pesquisa, 13
 Garrett Corp., 44
 Gêmini, 20, 121-3, 124, *ilustr.*, 187-8, 189-90, 192-3, 220
 Gêmini-Agenda, encontro, 190-1
 Gêmini, assentos de ejeção, 186; dimensões, 185-6; manobras de encontro, 189, reparos, 191; simuladores, 120-1; trajes espaciais; 124; velocidade, 190-1
 General Dynamics/Astronautics 44, 94-6, 204, 219
 General Electric Company, 24, 41, 44, 72, 104, 189, 224, 226
 General Precision Inc. 120
 Gilruth, Robert M., 31, 85
 Glenn, Ten. Cel. John H. Jr., 113, 200
 Glennan, Keith, 40, 68
 Gold, Dr. Thomas, 160, 168
 Grand Central Rocket Corp., 86
 Graveline, Duane, 138-9
 Green, Dr. Jack, 165, 167, 224-5
 Grumman Aircraft Engineering Corp., 44, 73-4
 Grumman, simulador, 149-54
 Grupo de Grandes Veículos de Lançamento; 88
- H-1, motor de empuxo, 85, 89
 Hidrogênio, 93-7, 222, 229-30

- Hohmann, trajetória de transferência, 173
 Holmes, D. Brainerd, 23, 36-8, 68-9, 72
 Homens Orbitais, 232
 Hooke, Robert, 165
 Houbolt, Dr. John C., 62-3, 64-6, 68-9
 Hughes Aircraft Company, 44, 225
- IBM (computadores), 31, 108-9
 Imponderabilidade, 137-40
 Instituto de Tecnologia da Califórnia, 158, 226
 Instituto de Tecnologia de Massachusets, 45, 108
- J-2, motores, 90
 Johnson, Vice-Presidente Lyndon, 14-5, 206-7
- Karth, Joseph E., 204-5
 Keldysh, M. V., 195-6, 211
 Kennedy, Presidente John F., 13, 14, 18, 19, 35-6, 37, 41, 42, 71-2, 87, 212-3
 Killian, James, 12
 Kistiakowsky, George, 12, 113
 Kiwi-A, 98
 Koosman Instrument Corp., 45
 Kozyrev, 166
 Krushchev, *Premier* Nikita, 195-6
- Laboratórios Ames, 57, 163, 168
 Laboratório Orbitante Tripulado, V. MOL
 Laser, estação de, 223
 Lasers, 222
 Latex Corporation, 123
 Ling-Temco-Vought, 44
 Lockheed Missiles and Space Co., 44-5, 57
 Locomotores, 26, *ilustr.*, 27-8
 LOLA (Órbita Lunar e descenso de Aproximação), 120
- Lovell, Sir Bernard, 195
 LOX (oxigênio líquido) 94
 Low, George M., 202
 Lua, caverna, 224; corrida à, 11-9, 35, 194-213; custo da corrida à, 14, dimensões do foguete, 25; superfície, 159-61; trajes, 163
 Lunares, bases, 220; crateras, 165-7; encontro em órbita lunar, 64, 66-73; encontro na superfície, 64; estação científica, 223-4; geologia, 163-5; iluminação, 145; instalação de pesquisa de pouso, 121; mapas astronáuticos, 144; módulo de excursão, v. MEL; órbita, 143-4; órbita e descenso de aproximação, 120-1; orbitador, 162; paisagens, 158; poeira na superfície, 160; pouso, 20, 65-6, 131-2, 144-5; simuladores de alunissagem, 148-51; superfície, 159-61, 162, 167-9; veículo de reabastecimento, 79
 Lunik III, 210; IV, 198
- Manobra de atracação, 174, 190-1
 Mariner, veículo de sondagem de Vênus, 96, 137
 Marquardt Corp., 45
 Marte, 227, 229, 230-1
 Marte, atmosfera, 231
 Martin Company, 41, 44, 104
 Martin, Titã II, propulsor da, 189, 220
 McDonnell Aircraft, 44, 189
 Medaris, Gen. John B., 84
 MEL, 65-74, *ilustr.*, 75-6, 77-9, 90, 173; componentes, 77; motor de descida, 77; vagão, 78, 221
 Mercúrio, astronautas, 113, 119, 122, 200; custos, 82; pouso no mar, 181; programa, 12, 48; projeto, 20-1; reentrada, 41-2; sistema de controle, 203; sistema de foguetes de escape, 57; trajes espaciais, 123-4; treinamento, 119
 Mergulhos superficiais, 122

Meteoritos, 56-7, 136-7
 Minneapolis-Honeywell Regulator Co., 45
 Minuteman, propulsores, 87
 Mísseis balísticos intercontinentais, 198-9
 Míssil Balístico Júpiter de Alcance Médio, 89
 Mochilas, 125-6
 Módulo de excursão a Marte, (MEM), 229
 MOL, 193, 220
 Motor iônico, 99
 Motor Nuclear para Aplicação em Veículo a Foguete, 96, 98
 Motor nuclear para foguete, 39
 Mueller, Dr. George E., 38
 Mylar, película, 123, 163

 NACA (Comissão Nacional Consultiva para a Aeronáutica), 59
 NASA, 15, 18, 20-1, 22, 23, 34, 36-8, 39, 40, 42-4, 45, 47, 49, 54, 59-61, 70, 85, 87, 96-8, 115-6, 117-8, 130, 192; caçada de talentos, 22; centros, 205-6; "Crescente", 24; engenheiros, 130; pessoal, 21-2; pesquisa, 216; planejadores, 217; planejamento, 130; recrutamento, 22; salários, 22, 37; vigilância, 209
 NASA, v. também Centro de Espaçonaves Tripuladas, Conselho Nacional da Aeronáutica e do Espaço, Grupo-Tarefa do Espaço, Laboratórios Ames.
 Navegação, 101-10
 NERVA, motores de foguete, 96, 98
 New York Times, 13
 Nikolayev, Major Adrian G., 198
 North American Aircraft Corp., 45, 71; pessoal, 46
 North American Aviation, 44-6, 70-1, 72, 77, 85, 136, 205
 Northrop Corp., 44
 Nostoc, algas, 228
 Nova, 63, 67; foguete, 96, 229

Observações astronômicas, 223
 Observatório Lowell, 119
 Opinião pública, 13-4
 Oxigênio, 93-4, 222

 Pago Pago, 181, 182
 Paup, John, 46
 Pearl Harbour, 181, 182
 Pessoal, dados sobre, 21-3, 29-30, 30-1, 46
 Phillips, General de Brigada Samuel C., 38
 Phoebus, 98
 Piland, Robert, 40
 Pilotos, 116-7; V. também Astronautas
 Polaris, propulsores, 87
 Política astronáutica, 11-19
 Polyot 201
 Popovich, Ten. Cel. Pavel R., 198
 Pokrovsky, Prof. G. I., 207
 Pratt e Whitney, 94-5
 Problema do pêso, 49-50
 "Problema dos Três Corpos" 103-4, 208
 Projeto, Apolo, V. Apolo, Mercúrio, v. Mercúrio,
 Propulsão elétrica, 99
 Protons, 133-4
 Provas de disparos, 92
 Provas de Vôo, 91

 Radiação, 122-3, 132-3; problema de blindagem, 137; terapêutica, 135-6
 Radioastronomia, 223
 Raios cósmicos, 133-4
 Rand Corp., 164
 Ranger, 20, 146, 161-2
 Raytheon Corp., 45
 Reator de núcleo gasoso, 99
 Reconhecimento, 141-6
 Rêde de Transmissão para o Espaço Profundo, 108
 Redstone — Agência de Projetos de Pesquisas Avançadas, 84
 Republic Aviation Corp., 73, 104
 RL-10, motores, 89

- Rocketdyne Division, 45, 85
 Rogallo, Francis, 192
 Rogallo, pára-quedas deslizador, 192-3
 Rover, foguete nuclear, 97
 Rússia, U.S.A., cooperação 211-13
 Russos, fabricação de foguetes, 194-211; treinamento físico, 122
 RS-70, espaçonave protótipo, 45, 47, 53
 RTEP, 108
- Sagan, Dr. Carl, 227
 Saturno, área, 26; custos, 91; foguetes, 219; teste de voo, 91
 Schilling, Dr. G. F., 164
 Schirra, Com. Walter M. Jr., 138
 Satélites, v. Advent, Gêmini, Mariner, Mercúrio, Polyot, Ranger, Sputniks, Surveyor, Vostok
 Saturno, foguete I, 39, 84-5, 89, 90-2, 96, 198; IB, 89-90; IC, 90; V, 25-6, 30, 63-5, 71, 85, 89, 93, 199; V propulsor, *Ilustr.* 28, C1, 88-9; C2, 88; C3, 88; C4, 88-9; C5, 88-9; S-II, 90, 93; S-IV, 93; S-IVB, 93
 Seamans, Dr. Robert, 23, 69
 Searle, Leonard M., 115
 Sedov, Leonid, 196
 Separação do foguete propulsor (BECO), 102
 Shea, Dr. Joseph F., 23, 69
 Shoemaker, Dr. Eugene, 169
 Simuladores, 120-1; 148-54
 Simuladores de pesquisa, 148-54; reboques, 216
 Sistemas automáticos, 130-1
 Sistema de Exploração Lunar para o Apolo (LESA) 221, 224
 Solares, ciclos de distúrbios, 133, fornalhas, 226; radiação, 226
 Storms, Harrison, 46
 Sputniks, 12-3, 16, 203
 Surveyor, 20, 146, 161
- Teoria Aerodinâmica, 41
 Terra, atmosfera, 180
 Thiocol, 86
 Thomas, Albert, 206
 Thor, 89, 199
 Thorneycroft, Peter, 72
 Titã, II, 189-90, 220; III, 199
 Titov, Gherman, 138
 Torre lançadora umbilical, *Ilustr.*, 27
 Trajetórias, 70, 92-3, *Ilustr.* 105-6, 107-8, 109
 Transportador de esteiras, 25, *Ilustr.*, 27-8
 Treinamento físico, 122-3, 138-9
 Tsiolkovsky, K. E., 210
- União Internacional de Aeronáutica, 144
 United Technology Corp., 86
 Universidade Estadual de Iowa, 134
 Usina de Processamento Michoud, 30
 Usina de Provas do Mississípi, 30
- Van Allen, cinturões, 133, 135
 Van Allen, Dr. James A., 134
 Velocidades, 41-2, 102-3
 Vênus, 227-8
 Vostok, 85, 199-202, 210-11
 Vought Astronautics, 44
- Webb, James, E., 15-16, 22, 36, 38, 68, 70, 197
 Welsh, Dr. Edward C., 15
 Western Electric Co., 23
 Wiesner, Dr. Jerome, 13, 71
 Wilson, Charles, 83
- X-15, espaçonave de pesquisa, 45-7
- Yaeger, Cel. "Chuck", 140
 York, Herbert, 83
- Zwicky, Dr. Fritz, 226



Este livro foi composto e impresso pela

EDIPE

Artes Gráficas

Rua Conselheiro Furtado, 516

SÃO PAULO

BIBLIOTECA BÁSICA DE CULTURA

VOLUMES PUBLICADOS:

R. Magalhães Júnior — *Dicionário de Provérbios e Curiosidades* — segunda edição revista e aumentada.

S. E. Frost Jr. — *Ensinos Básicos dos Grandes Filósofos* — tradução de Leônidas Gontijo de Carvalho.

Ruth Moore — *O Homem, o Tempo e os Fósseis* — tradução de Leônidas Gontijo de Carvalho e Maria Thereza Quintella.

Brown & Kempton — *Sexo: Perguntas e Respostas* — tradução de Octavio Mendes Cajado.

Diversos Autores — *Livros que Abalaram o Mundo*.

Ruth Moore — *A Terra em que Vivemos* — tradução de Octavio Mendes Cajado.

Loren Eiseley — *A Imensa Jornada* — tradução de Aldo Della Nina.

Ritchie Calder — *A Ciência em Nossas Vidas* — tradução de José Paulo Paes.

S. Yesudian e E. Haich — *Ioga e Saúde* — tradução de Octavio Mendes Cajado.

James B. Conant — *Como Compreender a Ciência* — tradução de Aldo Della Nina.

Kardiner e Preble — *Êles Estudaram o Homem* — tradução de Octavio Mendes Cajado.

Isaac Asimov — *O Código Genético* — tradução de Luís Edmundo de Magalhães.

Joseph Gaer — *A Sabedoria das Grandes Religiões* — tradução de J. Gervásio de Figueiredo.

Robert C. Cowen — *As Fronteiras do Mar* — tradução de Octavio Mendes Cajado.

Ernest Borek — *Os Átomos Dentro de Nós* — tradução de Nair Lacerda e José Paulo Paes.

Cap. David C. Holmes — *A História do Tempo* — tradução de Rolando R. da Silva e José Paulo Paes.

William L. Laurence — *Novas Fronteiras da Ciência* — tradução de Raul de Polillo.

Chambers e Payne — *Da Célula ao Tubo de Ensaio* — tradução de Luís Edmundo de Magalhães.

Sol Levine — *Encontro no Céu* — tradução de J. C. Teixeira Rocha.

Tom Alexander — *Homem à Lua* — trad. de O. Zironi.

HOMEM À LUA

A HISTÓRIA DO PROJETO APÓLO

Tom Alexander

Uma descrição fascinante do mais arrojado projeto jamais concebido pela audácia humana. Os aspectos científicos, tecnológicos e humanos do Projeto Apolo colocados ao alcance da compreensão do leitor não-especializado. Como será a primeira viagem do Homem à Lua.

EDITÔRA CULTRIX